



ESPECIALIDAD: TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS

**PROYECTO
FINAL
DE CARRERA**

**ESTUDIO Y CONSTRUCCIÓN DE
UNA INSTALACIÓN DE SECADO
DE MADERA MEDIANTE ENERGIA
SOLAR TÉRMICA**

José Manuel García Ruiz

Tutor: Ulpiano Ruiz-Rivas Hernando



INDICE

Introducción	6
1.1) Objetivos	7
1.2) Organización del texto.....	8
Estado del arte.....	9
2.1) Teoría del secado de madera:	9
2.1.1) Anatomía de la madera	9
2.1.2) Propiedades generales de la madera	11
2.1.3) Estados en las que se encuentra el agua en el interior de la madera.	12
2.1.4) Humedad de equilibrio higroscópico	14
2.1.5) Punto de saturación de las fibras.....	17
2.1.6) Mecanismos de secado.....	17
2.1.7) Factores que determinan el secado	20
2.1.7.1) Factores que dependen del aire	20
2.1.7.2) Factores que dependen de la madera.....	22
2.1.8) Defectos que aparecen durante el secado.....	23
2.2) Tecnologías utilizadas:	25
2.2.1) Secado por convección:	25
2.2.1.1) Secado al aire libre:	25
2.2.1.2) Secado en cámara	26
2.2.2) Secado por conducción	29
2.2.3) Secado por radiación.....	29
2.3) Secado solar	31
2.3.1) Clasificación de los secaderos	31
2.3.1.1) En función del tipo de circulación de aire.....	32
2.3.1.1) En función del modo de utilización de la energía solar	32
2.3.2) Tipos de colectores solares:	33
2.3.2.1) Colectores sin cubierta:	34



2.3.2.2) Colectores con cubierta	34
2.3.2.2.1) Colectores de canal simple	34
2.3.2.2.2) Colector con placa suspendida	35
2.3.2.2.3) Colector suspendido perforado	37
2.3.2.2.4) Colector con placa aleteada	37
2.3.2.2.5) Colector con almacenamiento	38
2.3.2.2.6) Colector con varias cubiertas de transparentes:.....	38
2.3.3) Tipos de cámaras de secado	39
2.3.3.1) Cámara con chimenea	39
2.3.3.2) Cámara con paredes absorbentes.....	40
2.3.3.3) Cámara con paredes transparentes	40
Descripción del secador solar.....	43
3.1) Construcción.....	43
3.1.1) Cámara de secado	43
3.1.2) Colector térmico	49
3.2) Estudio del secador mediante sensores.....	53
3.2.1) Caracterización del sistema de medida	53
3.2.1.1) Descripción del sistema	53
3.2.1.2) Consistencia de los datos	55
3.2.1.2.1) Medida del gasto.....	58
3.2.1.2.2) Medidas de temperatura.....	59
3.2.1.2.3) Medidas de humedad	60
3.2.2) Resultados para el colector térmico	63
3.2.2.1) Presentación de los resultados.....	63
3.2.2.2) Cálculo del gasto:	68
3.2.2.3) Cálculo del rendimiento térmico	73
3.2.3) Resultados para el secador completo	78
Ensayos de secado	80
4.1) Características de las maderas utilizadas	80
4.1.1) Pino Caribe	80
4.1.2) Granadillo	81
4.1.3) Cedro Macho.....	82



4.1.4) Cedro Real	82
4.2) Ensayos en el secador solar.....	83
4.2.1) Descripción del sistema de medida.....	83
4.2.2.1) Muestra 1	86
4.2.2.2) Muestra 2.....	88
4.2.3) Ensayos realizados en Cedro Macho	90
4.2.4) Ensayos realizados con Cedro Real	92
4.2.5) Ensayos en Granadillo	95
4.3) Ensayos realizados en hornos	96
4.3.1) Descripción del sistema de medida.....	96
4.3.2) Ensayos realizados en Pino.....	98
4.3.3) Ensayos realizados en Cedro Macho	100
4.3.3.1) Ensayos a temperatura constante de 45 °C	101
4.3.3.2) Ensayos a caudal de renovación constante.....	103
4.3.4) Ensayos realizados en Cedro Real	105
4.3.5) Ensayos realizados en Granadillo	107
Modelo matemático del colector térmico	109
5.1) Descripción general del modelo.....	109
5.2) Presentación de las ecuaciones	114
5.3) Resultados.....	120
Análisis de resultados	124
6.1) Tiempo de secado	124
6.2) Calidad del secado	126
6.3) Caracterización del funcionamiento	129
Conclusiones y posibles mejoras:.....	132
7.1) Conclusiones	132
7.2) Posibles mejoras.....	134
Anexo A: Glosario de variables.	138
Anexo B: código numérico completo.....	139
Anexo B: datos de los ensayos en los hornos.....	149



Anexo C: Datos de los ensayos en el secador solar.....	157
Anexo D: Datos recopilados de los sensores.	162
Anexo E: especificación de los sensores utilizados.	241



Capítulo 1:

Introducción

Este proyecto consiste en el estudio de secado de madera mediante la energía solar térmica, orientado especialmente para su aplicación en países en vías de desarrollo, en concreto, en Nicaragua. Por lo tanto la filosofía del proyecto será conseguir resultados efectivos con un mínimo coste, de tal forma que pueda ser acometido por pequeños aserraderos y carpinteros locales.

Dicho proyecto está inmerso en un proyecto de cooperación internacional entre la Universidad Carlos III y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

A lo largo del texto se expondrán las diferentes soluciones que existen para el secado de madera actualmente, incluidas las diferentes opciones para el secado solar, así como las diferentes opciones para el secado solar. Para ello se incluirá un resumen de los fenómenos fundamentales que rigen el secado de la madera.

Para abordar el estudio del secado solar utilizaremos un procedimiento experimental, para ello se construirá un secador de pruebas en Estelí, una localidad situada al norte de Nicaragua. En dicho secador se realizaran diferentes ensayos a fin de caracterizar su funcionamiento. Estos ensayos se agrupan en dos vías principales:

- a) Caracterización tanto del colector térmico como del estado higrométrico de la cámara de secado haciendo uso de sensores de humedad, temperatura y gasto másico.
- b) Medir la velocidad de secado conseguida para diferentes geometrías y especies de madera.

El modelo elegido para ser construido será un secador pasivo (movido por convección natural) y mixto, es decir, con captación de radiación directamente sobre la madera (directo) y también con captación sobre un colector solar térmico que proporciona una corriente de aire caliente (indirecto). Esta nomenclatura se tratara con más profundidad en la sección 2.3.1.

También se realizaran ensayos en estas mismas maderas en hornos convencionales a temperatura controlada. Así podremos observar el efecto que tienen sobre el secado las variables de temperatura y caudal de renovación de aire.

En cuanto a las maderas elegidas, se ensayaran 4 tipos de madera, a saber, pino común, granadillo, cedro real y cedro macho. Estas maderas fueron escogidas en base a la disponibilidad en la zona. El Pino es una de las maderas más utilizadas en la industria, se usa en construcción y en la fabricación de muebles debido a sus buenas propiedades mecánicas y su facilidad para ser trabajada, al igual que el granadillo, aunque su uso esta menos extendido. El cedro real y cedro macho son maderas nobles y se utilizan en la fabricación artesanías y de muebles de calidad. En este campo el uso Cedro macho está muy extendido. Es más difícil encontrar productos fabricados en Cedro real debido a su alto coste y, sobretudo, al reciente control que el gobierno Nicaragüense a impuesto a su explotación, debido a la sobreexplotación a la que estaba sometida esta especie de madera.

Finalmente profundizaremos en el estudio del colector solar haciendo un modelo que describa su funcionamiento haciendo uso de correlaciones empíricas de convección natural. Para resolver el modelo planteado utilizaremos la herramienta informática MATLAB.

1.1) Objetivos

Los objetivos de este trabajo se resumen en:

- 1) Construcción de un secador de pruebas y caracterización de su funcionamiento. Dicha caracterización incluirá un estudio del colector térmico y de la cámara de secado por separado, así como en su conjunto.
- 2) Realización de un modelo basado en correlaciones empíricas capaz de aproximar el funcionamiento del colector solar.



- 3) Determinar el tiempo de secado necesario para reducir el contenido de humedad de la madera desde el estado verde hasta un nivel apto para el uso.
- 4) Determinar el tiempo de secado necesario en hornos convencionales funcionado las 24 horas del día.

1.2) Organización del texto.

Este proyecto se estructurara en 7 capítulos cuyo contenido se detalla a continuación:

En el **Capítulo 2** describiremos los conceptos teóricos básicos que manejaremos durante el resto del texto. También describiremos las técnicas utilizadas actualmente en el secado de madera así como en el secado solar.

En el **Capítulo 3** haremos un estudio del secador solar. Este apartado se divide en dos bloques principales.

- En el primero detallamos el proceso de construcción del secador de forma que los usuarios potenciales (pequeñas carpinterías o aserraderos) cuenten con un manual para la construcción de su propio secador.
- En el segundo bloque caracterizaremos el funcionamiento del secador midiendo directamente cómo evoluciona la temperatura y humedad en su interior. De esta forma podremos calcular el rendimiento térmico y comprobar si en el interior de la cámara de secado se dan las condiciones necesarias para un secado correcto.

El **Capítulo 4** corresponde a los ensayos de secado, en dicho capítulo mostraremos los resultados obtenidos para las muestras secadas en el secador solar y las muestras secadas en los hornos. Dado el control de las condiciones de secado que brindan los hornos podremos observar cómo afecta al tiempo de secado: la especie de madera, la geometría de la muestra, la temperatura de secado y el caudal de aire de renovación.

El **Capítulo 5** mostraremos el modelo realizado en MATLAB y lo compararemos con los resultados medidos en el secador.

En el **Capítulo 6** realizaremos un análisis de los resultados obtenidos. Identificaremos las principales fortalezas y debilidades de este sistema de secado y se discutirán las posibles soluciones a los problemas encontrados.

Finalmente el **Capítulo 7** corresponde a la conclusión del proyecto.



Capítulo 2

Estado del arte

En este apartado intentaremos hacer un resumen tanto de los conceptos básicos sobre el secado de la madera, como de la tecnología utilizada actualmente en la industria del secado. En el apartado 2.3) profundizaremos en las técnicas de secado solar y los diferentes tipos de secadores que existen.

2.1) Teoría del secado de madera:

En esta sección abordaremos los conceptos sobre el secado de madera que se utilizarán a lo largo del proyecto, los mecanismos internos que suceden en la madera durante el proceso y los factores que lo condicionan.

2.1.1) Anatomía de la madera

La madera es un material vivo, y por lo tanto tiene una serie de características anatómicas que influyen notablemente en sus propiedades físicas. En la figura 2.1 vemos un corte transversal en un tronco, podemos distinguir de fuera a dentro las siguientes estructuras:

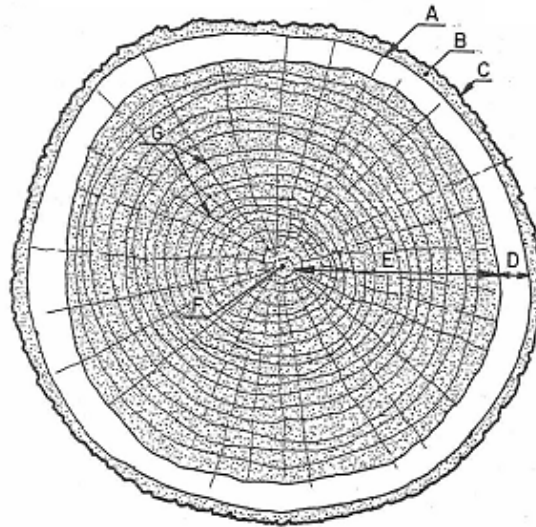


Figura 2.1 Estructura anatómica de la madera [4]

a) La corteza muerta o exterior:

Su función es proteger al árbol de los cambios extremos de temperatura, sequía y agresiones mecánicas.

b) La corteza interior

Realiza las funciones de conducción de la savia elaborada desde las hojas hasta aquellas zonas activas o de almacenaje.

c) Cambium

Es una capa meristemática delgada que se encuentra entre la corteza interior y el tronco propiamente dicho. Esta capa produce corteza hacia el exterior y madera hacia el interior. La producción de madera y corteza sólo se da cuando el cambium está activo (primavera y verano).

Las diferencias en la actividad de esta capa es la que marca los ciclos vegetativos del árbol y forma los anillos de crecimiento. Ya que la madera formada durante primavera es más clara y menos densa que la formada en verano.

Finalmente en el interior del tronco encontramos tres zonas diferentes.

d) Albura

Es generalmente la parte de color más claro del árbol. Está formada por células vivas encargadas de las funciones de conductoras de savia y del almacenamiento de elementos nutrientes.



e) Duramen

Es la parte del tronco encargada del soporte estructural. Está formado por células muertas y es la parte de mayor grosor del árbol, como se puede apreciar en la figura 2.1, donde el duramen representa la zona más oscura del interior del tronco. La madera que pertenece al duramen suele ser más oscura y densa, debido fundamentalmente a la cantidad de extractivos (minerales depositados) presentes en su interior, lo cual aumenta notablemente su durabilidad.

f) Médula

Se encuentra en el centro del tronco, es un cilindro con un diámetro aproximado de 1,25 cm formado por un tejido blando alrededor del cual se formó el primer anillo de crecimiento.

2.1.2) Propiedades generales de la madera

a) Anisotropía

La madera es un material natural que presenta una fuerte variación de sus propiedades en función de la dirección escogida. Dicha variación es especialmente importante cuando la madera se contrae debido al proceso de secado.

b) Cambios dimensionales: hinchazón y merma

La contracción o merma es un fenómeno por el cual la madera disminuye su tamaño al secarse. Esto ocurre sólo cuando la humedad disminuye por debajo del punto de saturación de las fibras (momento en el cual se elimina el agua ligada a la madera, ver sección 2.1.3) ya que antes de llegar a este punto, se está eliminando el agua libre presente en el interior de las células y no el agua unida a las mismas, por tanto las células no disminuyen de tamaño. A partir de ese punto se elimina el agua ligada a las paredes celulares, disminuyendo el tamaño de éstas.

La anisotropía de la madera hace que la contracción no sea uniforme, mermando mucho en dirección tangencial (tangente a los anillos de crecimiento) y radial (perpendicular a los anillos de crecimiento), sin embargo la merma en la dirección longitudinal (siguiendo el eje del árbol) es casi despreciable.

De la misma forma que la madera merma al secarse, cuando gana humedad se produce el fenómeno contrario, hinchándose y aumentando su tamaño. Dicha hinchazón se produce hasta alcanzar el punto de saturación de las fibras. A partir de ese momento la ganancia de humedad aumentará el peso pero no cambiara las dimensiones de la madera.

Desde el punto de vista del secado la contracción de la madera es un factor de gran importancia en lo que se refiere a la calidad del producto final, si la madera no está

convenientemente secada pueden darse cambios dimensionales en las piezas finales, creando multitud de problemas.

Además, si el proceso de secado no se realiza convenientemente, las inevitables tensiones internas generadas durante una contracción desigual pueden ser superiores a la resistencia mecánica de la madera, produciéndose grietas y otros defectos. Este tema será tratado en profundidad en el apartado 2.1.8.

c) Densidad

A diferencia de la mayoría de los materiales de construcción, la madera es un cuerpo higroscópico en el que la masa y el volumen varían continuamente. Por este motivo se definen varios tipos de humedad:

- Densidad anhidra:

Es la densidad que presenta la madera completamente seca, suele ser un dato científico sin mucha utilidad en el secado.

- Densidad normal

Es la densidad que presenta la madera con un 12% de humedad. Es el dato empleado cuando se quiere comparar las densidades de las diferentes especies.

- Densidad

Es la densidad de la madera a un contenido de humedad diferente de los anteriores. Dicho contenido debe ser indicado claramente.

La densidad tiene gran importancia en el proceso de secado, debido a que una madera densa tiene paredes celulares más gruesas y numerosas que una madera poco densa. Por lo tanto, los obstáculos que se encuentra el agua en su camino al exterior de la pieza son mayores en una madera poco densa. Además, hay que tener en cuenta que la cantidad de agua en peso que hay que extraer de una madera más densa es mayor que en una poco densa a igualdad de humedades iniciales y finales.

Así que por norma general una madera más densa será más difícil de secar. Sólo el caso de secado a alta temperatura es una excepción, donde la densidad no tiene mucha influencia.

2.1.3) Estados en las que se encuentra el agua en el interior de la madera.

El agua es el fluido de transporte que emplean las plantas para su alimentación, unido a la higroscopicidad natural de la madera, hace que el agua siempre esté presente en el interior de la pieza, aun después de su secado. El nivel de humedad que alcanza la madera cuando está en equilibrio con el ambiente se conoce como humedad de equilibrio higroscópico (ver 2.1.4), y depende de la especie de madera y las condiciones

de ambientales (humedad relativa y temperatura). Así, si secamos una pieza por debajo de la humedad de equilibrio higroscópico, al exponerla al ambiente absorberá la humedad del aire y con el tiempo alcanzará la humedad de equilibrio higroscópico.

La actividad transportadora se da fundamentalmente en la albura, donde se forman canales ininterrumpidos desde las raíces a las hojas. Cuando las células pierden su función conductora (duramen), el agua contenida en el interior de las células puede ser parcial o totalmente sustituida por vapor de agua. A su vez las paredes celulares de la madera tienen una tendencia natural a absorber el agua, permaneciendo totalmente saturada en ella.

Por tanto en la madera recién cortada nos podemos encontrar agua en tres formas distintas:

- En forma líquida, relleno total o parcialmente el interior de las células conductoras.
- En forma de vapor, en el interior de las células no conductoras.
- En forma de agua ligada, en el interior de la pared celular. El intercambio de ese agua con el ambiente se realiza mediante procesos de adsorción (fijado del agua a la pared celular) y desorción (eliminación de ese agua durante el proceso de secado).

El agua contenida en el interior de las células, tanto en forma líquida como en forma de vapor, es conocida como agua libre. El agua libre es la primera en desaparecer, por tanto la presencia de agua libre en la madera sólo se da cuando el contenido de humedad de la madera es superior al del punto de saturación de las fibras, un valor de referencia para este punto es de un 30% en peso de humedad para todas las especies de madera.

Cuando la madera alcanza la humedad de equilibrio higroscópico está en un proceso constante de intercambio de agua con el ambiente, el agua ligada a las paredes celulares aumenta y disminuye constantemente mediante fenómenos de sorción.

Industrialmente se utilizan principalmente dos métodos para determinar la cantidad de humedad en la madera:

- a) Por medidas eléctricas: Es un método basado en la variación de la conductividad eléctrica de la madera con la humedad. Proporciona medidas rápidas y fiables de la humedad en un rango de 7-25%. Existen dos grandes familias: resistivos y capacitivos.
- b) Desecación en estufa a $105 \pm 2^\circ$: Este método es muy exacto pero más lento y se suele utilizar para confirmar los resultados obtenidos por las medidas eléctricas. Nosotros utilizaremos este método para determinar el contenido



de humedad de la madera utilizada en todos los ensayos. Los detalles serán mostrados en el apartado 4.1.1.

2.1.4) Humedad de equilibrio higroscópico

Cuando la madera verde entra en contacto con las condiciones atmosféricas una vez es abatido el árbol, su contenido de humedad disminuye hasta que es lo suficientemente bajo como para estar en equilibrio con el ambiente. Este nivel de humedad se conoce como Humedad de Equilibrio Higroscópico y es una propiedad de gran importancia en el sistema agua madera, ya que determina la humedad final de la madera en un ambiente dado.

Esta temperatura depende de múltiples variables, a saber:

- La especie de madera
- La localización del tronco (albura y duramen)
- Presencia de anomalías de crecimiento (madera de reacción)
- Las sollicitaciones externas a las que está sometida (la humedad de equilibrio disminuye con los esfuerzos de compresión y aumenta con los de tracción)

Sin embargo los más importantes se detallan a continuación:

a) Influencia de la humedad relativa del medio

Este es el factor más importante. Existen curvas que relacionan la humedad de equilibrio higroscópico con la humedad relativa a temperatura constante, llamadas isothermas de sorción. Estas curvas se suelen usar en forma de ábacos. Uno de estos ábacos se muestra en la figura 2.2.

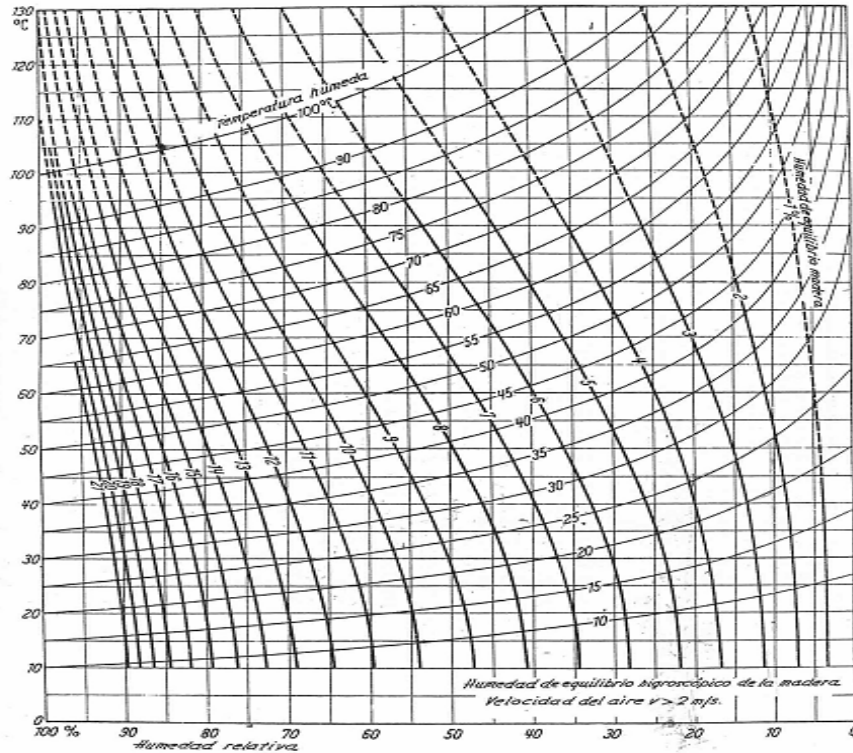


Figura 2.2 Abaco de humedad de equilibrio higróscopico [4]

Como se puede observar en la figura 2.2, al disminuir la humedad relativa del ambiente disminuiríamos la humedad de equilibrio, dadas las condiciones normales de humedad y temperatura de la localidad de Estelí, unos 22°C y 70% humedad relativa, las humedad de equilibrio higróscopico en Estelí rondara el 13% de humedad.

b) Influencia de la temperatura de secado

Como se puede observar en la figura 2.2, aumentar la temperatura tiene el efecto de disminuir la humedad de equilibrio higróscopico. Sin embargo exponer a la madera altas temperaturas durante periodos prolongados de tiempo provoca un descenso permanente de la higroscopicidad de la madera. La magnitud de este fenómeno depende del nivel de temperatura del proceso de secado y de la duración del mismo.

Este fenómeno se asocia con una parcial descomposición de la pared celular, encargada de adsorber el agua. Esto tiene consecuencias directas en las propiedades de la madera seca.

Por un lado esta disminución de la higroscopicidad natural de la madera hace que la influencia del ambiente en la humedad de la madera sea menor, lo que es deseable debido a que la variación de humedad en la madera trae consigo variaciones del volumen de la misma (hinchazón y merma), lo que afecta a los objetos y estructuras hechas de madera.

Como contrapartida nos encontramos con una ligera degradación de sus propiedades mecánicas.

c) Historia previa del material o histéresis

En el sistema agua madera se observa el proceso de histéresis, es decir, que la humedad de equilibrio en un proceso de desorción es mayor que en uno de adsorción posterior a los mismos niveles de temperatura y humedad relativa.

Este fenómeno es especialmente patente cuando se hace uso de las isothermas de sorción correspondientes a la desorción inicial (desde el estado verde) y la de adsorción inicial, una vez la madera está seca.

Normalmente la magnitud de este efecto se expresa mediante la fracción A/D , siendo A la humedad de equilibrio durante el proceso de adsorción y D la correspondiente al proceso de desorción a la misma temperatura y humedad relativa.

Dicha fracción depende de múltiples factores (especie, número de ciclos, presencia de extractivos...) El factor más importante es la humedad relativa. Los valores representativos se aprecian en la tabla 2.1.

Humedad relativa	A/D	
	Ciclo inicial	Multiciclo
40	0,734	0,778
50	0,817	0,866
60	0,819	0,868
70	0,821	0,849
80	0,846	0,877
Media	0,807	0,848

Tabla 2.1 Histéresis en la madera [4]

La teoría más extendida que explica este fenómeno establece que durante el proceso de desorción inicial las moléculas de celulosa que forman las paredes celulares se acercan entre si y se unen mediante puentes de hidrógeno. Esto representa una traba interna para

la hinchazón asociada al posterior proceso de adsorción. Es como si la pieza estuviera sometida compresión.

Controlar y reducir en lo posible la histéresis de la madera es fundamental para mantener la estabilidad dimensional de la misma.

2.1.5) Punto de saturación de las fibras

El punto de saturación de las fibras corresponde al máximo valor de humedad de equilibrio higroscópico, el cual se da cuando la atmosfera circundante está saturada en agua. En estas circunstancias no existe agua libre, pero las paredes celulares están completamente saturadas de agua. Su valor es de difícil determinación, no obstante se considera un valor aproximado del 30% para todas las especies.

Con respecto al proceso de secado este punto tiene gran trascendencia debido a que:

- Una vez alcanzado este punto se produce una merma de las dimensiones y un aumento de las propiedades mecánicas, este aumento de propiedades se traduce en la posibilidad de realizar un secado más intenso.
- El consumo de energía del proceso de secado por unidad de agua eliminada aumenta significativamente, debido que la evaporación del agua hay que sumar la energía consumida por el proceso de desorción, la cual aumenta exponencialmente al disminuir la humedad de la madera.

2.1.6) Mecanismos de secado

El secado de madera es un fenómeno consistente en la eliminación superficial del agua al tiempo que esta migra desde el interior de la pieza hasta la superficie de la misma.

En las etapas iniciales se crea un frente de evaporación en la superficie exterior de la pieza. El agua migra desde el interior en forma líquida hasta la superficie donde se evapora. Dicho movimiento está alimentado por la tensión superficial del agua. Conforme avanza el proceso, el frente de evaporación que antes estaba en la superficie pasa al interior de la pieza, migrando el agua hasta la superficie en forma de vapor, mediante un fenómeno que sigue las leyes de la difusión. Dicho frente va penetrando en la pieza hasta que llega al centro, momento en el cual todo el agua libre se ha eliminado de la pieza.

Simultáneamente al avance de este frente de evaporación, las capas superficiales llegan al punto de saturación de las fibras. Al rebasar este punto empieza el proceso de desorción del agua ligada, dicho agua se desprende de las paredes celulares en forma de vapor y avanza hacia el exterior por un proceso de difusión.

Finalmente el fenómeno termina al alcanzarse la humedad de equilibrio higroscópico en toda la pieza.

A la vista de lo antes expuesto, el proceso de secado se puede dividir en tres partes fundamentales en función de los procesos internos que suceden.

a) Fase primera:

En esta fase el agua libre se encuentra en toda la pieza, incluida su superficie. Esta fase sólo se da cuando el contenido de humedad es elevado (madera verde). El agua presente en la superficie está en contacto directo con el agente secante (en nuestro caso aire húmedo) y se evapora como si estuviera en una superficie libre.

Durante esta fase del secado el frente de evaporación se mantiene en la superficie de la pieza, manteniéndose está a la temperatura de bulbo húmedo. Mientras tanto se realiza un aporte continuo de agua líquida desde el interior de la pieza. Dicho aporte tiene como motor las fuerzas capilares, que hacen fluir el agua a través de los elementos anatómicos presentes para este fin (radios leñosos y punteaduras de paso). Esta fase suele ser muy corta y disminuye tan sólo unos puntos la humedad de la madera totalmente verde, debido a que el ritmo de evaporación suele ser mayor que el movimiento del agua libre.

Esta fase se caracteriza por un ritmo de secado elevado y constante, ya que depende exclusivamente de las condiciones del aire externo.

b) Fase segunda:

Cuando el ritmo de evaporación en la superficie es superior al aporte de agua desde el interior de la pieza (lo que acaba sucediendo tarde o temprano) Se rompen los canales de aporte de agua líquida y la superficie de la pieza acaba por eliminar toda el agua libre. A partir de este momento el frente de evaporación comienza a penetrar en el interior de la pieza. Por lo tanto la superficie de la pieza comienza a aumentar su temperatura por encima de la temperatura de bulbo húmedo.

Este frente de evaporación interno ofrece una menor superficie de evaporación y, por tanto, un ritmo de secado notablemente inferior.

En esta fase continúa hasta que el frente de evaporación alcanza el interior de la pieza, momento en el cual se ha eliminado todo el agua libre de la pieza.

La duración y la velocidad de secado de las fases primera y segunda están determinadas por el flujo de agua libre dentro de la madera. Dicho flujo viene dado por las fuerzas capilares que son generadas por los meniscos creados en las interfases vapor-agua que aparecen en el interior de las células al eliminarse el agua líquida. Además la presencia de burbujas de aire o vapor en el interior de las células (lo que se da en la mayoría de los casos salvo en maderas muy impermeables) acelera este movimiento, ya que al aumentar la temperatura se expanden empujando el agua fuera de la célula.

En las maderas impermeables el aporte de agua es pequeño y la superficie alcanzará con rapidez el punto de saturación de las fibras, internándose el frente de evaporación rápidamente en el interior de la pieza.

Esta fase se caracteriza por un ritmo de secado decreciente. Esto es debido a que conforme el frente de evaporación va penetrando el aporte de la difusión como motor del movimiento de la humedad aumenta.

El vapor, cuando difunde a través de la pieza no le sirven de ayuda los radios leñosos ni las punteaduras de paso, pensadas para el transporte de líquidos. Por lo tanto, el vapor atraviesa las paredes celulares de la madera cuando difunde hacia el exterior y el ritmo de la difusión disminuirá al aumentar la cantidad de paredes celulares que debe atravesar. Así, según se introduce el frente de evaporación en la pieza disminuirá el ritmo de secado.

c) Fase tercera:

Esta fase comienza cuando la pieza alcanza el punto de saturación de las fibras en la pieza, no quedando agua libre en ella. En este momento el agua es extraída de las paredes celulares mediante un proceso de desorción y el transporte de vapor de agua está regido por las leyes de la difusión.

El proceso de difusión es debido a dos gradientes presentes en la pieza:

- Gradiente de humedad en la pieza: al estar la superficie más seca que el interior, el agua tiende a migrar de las zonas húmedas a las secas favoreciendo la extracción de agua de la misma.
- Gradiente de temperatura: La madera es un material aislante, por lo tanto el interior de la pieza está a una temperatura inferior que la superficie. La humedad tiende a migrar de las zonas más calientes a las frías, por lo tanto este gradiente tiende a introducir el agua en el interior de la pieza, entorpeciendo el proceso.

A la vista de que estos fenómenos están en contraposición, un buen proceso de secado debe asegurar que su balance sea positivo o que trabajen en la misma dirección, calentando más el interior que el exterior de la pieza como ocurre en el secado por radiofrecuencia (ver apartado 2.2.3).

Esta fase también se caracteriza por un ritmo de secado decreciente, debido a que en esta etapa sólo hace acto de presencia el agua ligada (ver figura 2.3). Según disminuye el contenido de humedad el coeficiente de difusión disminuye, por lo tanto el ritmo de secado será decreciente hasta llegar a cero al alcanzar el punto de saturación de las fibras.

El coeficiente de difusión aumenta exponencialmente con la temperatura (ver figura 2.3), razón por la cual al disminuir la humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, e ir ralentizándose el proceso de difusión, es conveniente elevar gradualmente la temperatura de proceso.

2.1.7) Factores que determinan el secado

Seguidamente se analizarán los principales factores que intervienen en el secado, los separaremos en aquellos que dependen de la madera y los que dependen del aire.

2.1.7.1) Factores que dependen del aire

a) Temperatura

La temperatura del aire tiene gran importancia en todas las etapas del proceso de secado. Un aumento de temperatura favorece el movimiento del agua libre y aumenta notablemente el ritmo de difusión de humedad. En la figura 2.3 podemos observar el efecto combinado de ambos factores.

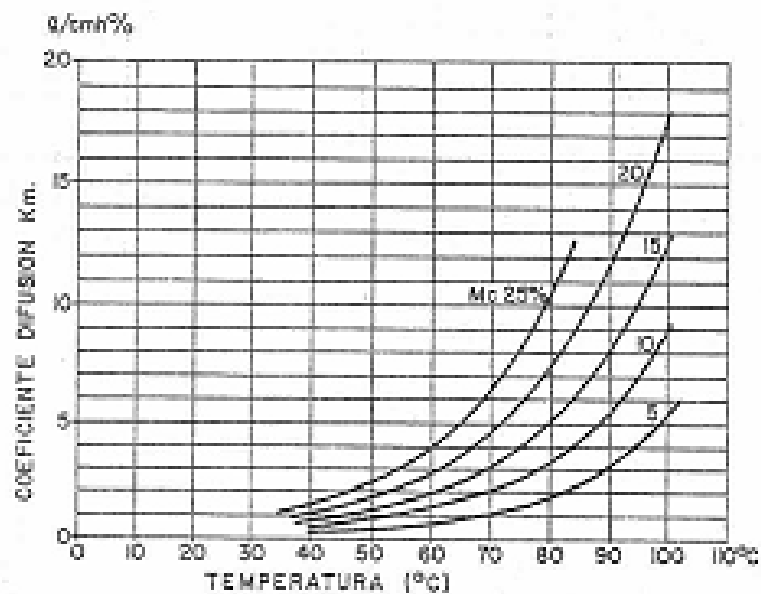


Figura 2.3 Variación del coeficiente de difusión con la humedad y temperatura [4]

Además hay que tener en cuenta que aumentar la temperatura del aire es un factor de aceleración de la evaporación, ya que aumenta la capacidad de absorción del aire.

b) Humedad relativa

Muy importante durante las etapas primera y del proceso de secado, donde se da un proceso de evaporación superficial. Es esta etapa es conveniente mantener la madera en un ambiente con la humedad relativa lo suficientemente elevado para evitar la aparición de grietas superficiales (ver 2.1.8).

Sin embargo, cuando la difusión empieza a llevar el control del proceso, podemos ver que su influencia es muy pequeña (no llegando ni al 10% para variaciones de humedad relativa del 100%). Por tanto en esta etapa del proceso basta con mantener la humedad del aire a un nivel tal que su capacidad de absorción de agua sea suficiente para el ritmo que marca la difusión.

c) Presión

Para un estado higrotérmico dado, la velocidad de circulación de la humedad en la madera aumenta conforme disminuye la presión, así a una presión de 80 mbar la velocidad de circulación de humedad es 5 veces mayor.

Además, la presión influye en la temperatura de ebullición del agua y en su grado de agitación molecular, en otras palabras, la energía de activación de una molécula de agua adsorbida en la superficie necesaria para arrancarla de la pared celular disminuye con la presión. Por lo que el proceso de desorción correspondiente a la última etapa del proceso se verá acelerado al disminuir la presión.

Por lo tanto al disminuir la presión se puede acelerar notablemente el ritmo de secado sin los riesgos que supone emplear temperaturas elevadas. Este es el fundamento del secado al vacío, que se expondrá brevemente en el apartado (2.2.3).

d) Velocidad

La velocidad del aire es importante durante las primeras etapas del proceso, donde es la evaporación del agua libre la que rige el proceso de secado. Aquí cuanto mayor sea la velocidad del aire (y por tanto el coeficiente de convección) más rápido será el secado.

Sin embargo, en las etapas siguientes del secado, la influencia del coeficiente de convección en el ritmo de secado es notablemente inferior y no influye prácticamente nada en la tercera etapa, cuando el fenómeno limitante es la difusión del vapor a través de la pieza.

Por lo tanto según avanza el proceso se deberá reducir la velocidad del aire a los niveles mínimos que permitan una adecuada ventilación para que no se formen atmosferas excesivamente húmedas en el secador, es decir, la velocidad será la necesaria para mantener la capacidad de absorción del aire lo suficientemente elevada como para mantener el ritmo de secado. Aumentar la velocidad por encima de estos niveles resulta antieconómico.

2.1.7.2) Factores que dependen de la madera

a) La dirección considerada

La madera es un material anisotrópico, así que tanto el movimiento del agua libre como la difusión de humedad variarán en función de la dirección considerada. La circulación es mayor en la dirección longitudinal que en la transversal, siendo esta diferencia tanto mayor como cuanto más impermeable es la madera.

Este fenómeno es de gran importancia en el secado, ya que si no se toman oportunas medidas, las testas (los cortes realizados en las tablas en dirección transversal) se secan demasiado rápido, lo que puede provocar la aparición de grietas.

b) La densidad

La densidad tiene gran influencia en el ritmo de secado. El motivo es que al movimiento por difusión del vapor de agua no le sirven de ayuda las estructuras anatómicas pensadas para la circulación de flujos agua, por lo tanto difunde a través de las paredes celulares. Al aumentar la densidad, el espesor y cantidad de paredes celulares que el vapor debe atravesar aumenta, por lo tanto el ritmo de secado disminuirá.

Además hay que tener en cuenta el hecho de que una madera más densa contiene más cantidad de agua que una ligera a igualdad de humedad. Por lo tanto la cantidad de tiempo y de energía necesaria para secarla será mayor.

En la primera etapa de secado, la velocidad será independiente de la densidad de la pieza.

c) Espesor

El espesor tiene una influencia similar a la densidad en cuanto a que una tabla más gruesa contiene más agua que una fina a igualdad de humedad, anchura y longitud. Además, al igual que ocurre en una madera densa, la cantidad de paredes celulares que el vapor debe atravesar conforme el frente de evaporación penetra en la pieza aumenta con el espesor.

A partir del momento en el que la pieza alcanza el punto de saturación de las fibras y el movimiento de agua es por difusión el tiempo de secado es directamente proporcional al cuadrado del espesor. En la tabla 2.2 mostramos los valores empíricos obtenidos de esta dependencia.

Espesor (mm)	27	34	41	54	65	80	100
P= 760 mm	1	1,4	1,8	2,8	3,2	4	5,5
P= 100 mm	1	1,2	1,4	1,7	2	2,4	2,9

Tabla 2.2 Influencia del espesor y de la presión exterior [4]

d) El contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera es un factor determinante en el ritmo de secado a lo largo de todo el proceso. Como vimos en el apartado 2.1.6, el ritmo de secado es máximo en la primera etapa, disminuyendo en las progresivamente en las otras dos.

Que la madera se encuentre en una etapa o en otra depende fuertemente del contenido de humedad de la misma. Ya que en las dos primera necesita la presencia de agua libre y, como podemos ver en la figura 2.3, el ritmo de difusión depende del contenido de humedad. Por lo tanto el ritmo de secado disminuye conforme disminuye el contenido de humedad, llegando a cero en la humedad de equilibrio higroscópico.

2.1.8) Defectos que aparecen durante el secado

La madera al secarse se contrae, teniendo en cuenta que la madera es un material anisotrópico, se contrae preferentemente en las direcciones tangencial y radial y muy poco en la longitudinal. Este fenómeno genera en el interior de la pieza fuertes esfuerzos que terminan por causar roturas. Un secado sea de calidad es un factor fundamental ya que si al estropeamos las piezas de madera al secarla se vuelven inservibles. Esto es causante de numerosos problemas durante el secado y de cuantiosas pérdidas económicas.

Hay que tener en cuenta que, aunque los defectos se manifiesten durante el proceso de secado, no tienen por qué ser responsabilidad del proceso en sí. La calidad de la madera también influye en el producto final y la presencia de defectos en la madera seca puede deberse tanto a un mal secado como a defectos propios de la madera.

Los defectos que pueden aparecer debido a un mal proceso de secado son los siguientes:

a) Grietas superficiales

Estas grietas aparecen al principio del proceso de secado, son debidas a altas tensiones generadas en la pieza causadas por grandes diferencias de humedad entre la superficie y el interior de las piezas. Esta diferencia de humedad hace que la merma de la parte exterior este impedida por la parte interior generando tensiones de tracción en el exterior de la pieza.

Esto es debido condiciones demasiado intensas en la cámara de secado en las etapas iniciales del proceso. La humedad relativa reinante en la cámara de secado tiene un efecto mayor que a las elevadas temperaturas, ya que al aumentar la temperatura de la madera aumenta plasticidad de la misma, aliviando las tensiones que se producen cuando la madera merma de manera desigual.

Para solucionar este problema la humedad relativa de la cámara debe mantenerse por encima de los niveles de seguridad. En la industria el valor de la humedad relativa

reinante en la cámara de secado se controla con precisión, cuando disminuye se pulveriza agua sobre la madera o se añade vapor a la corriente, al aumentar, la velocidad de secado disminuye, por lo que se abren trampillas de ventilación o se aumenta la velocidad de los ventiladores para evacuar la humedad sobrante.

b) Grietas internas

Estas se desarrollan al final del proceso de secado en el núcleo de la madera. La causa es que la contracción del núcleo está impedida por las fibras superiores ya secas con un valor de merma amortiguado por el estado tensional al que estuvieron sometidas, por lo tanto este defecto se ve favorecido por un secado demasiado intenso al principio del proceso, aunque aparezca más tarde.

Normalmente son debidas a condiciones de secado excesivamente severas tanto en las etapas finales del proceso (momento en el que merma el núcleo) como en las iniciales (a mayores tensiones soportadas por la parte exterior, menor será la merma de la misma y, por tanto, la merma de la parte interna se verá más impedida), por lo que para evitarse se deben utilizar humedades relativas elevadas al principio del proceso y temperaturas más bajas al final del mismo.

Si se detectasen grietas superficiales al comienzo del secado esto nos indicaría un secado demasiado intenso, por lo tanto debe ser suavizado de inmediato para evitar su propagación y posterior formación de grietas internas.

c) Grietas de Testa

Son grietas que se extienden desde las testas (superficie correspondiente al canto de la pieza, perpendicular al eje del árbol) de las tablas hacia el interior. Suelen tener pocos centímetros de longitud, que las diferencia de las grietas de medula, que suelen atravesar toda la pieza.

Estas grietas tienen su origen en el hecho de que la circulación longitudinal es muy superior a la circulación transversal, por lo tanto las testas se secan con mayor rapidez y al mermar ven su movimiento impedido por el resto de la tabla.

Son defectos inherentes al secado, ya que son causados por la anisotropía de la madera, aun así se puede evitar su aparición recubriendo las testas de la pieza con pinturas impermeables al vapor o con parafina.

d) Colapso

El colapso es un fenómeno ocurrido durante las primeras etapas de secado. Si la madera es muy impermeable y el secado inicial es muy intenso los valores de tensión superficial generados en los lúmenes celulares pueden ser demasiado grandes, hasta el punto de provocar el aplastamiento de las células y provocar el colapso de la madera.



Son especialmente sensibles al colapso las frondosas impermeables, sobre todo si el proceso se realiza a alta temperatura (debido al aumento de la plasticidad de la madera al elevar la temperatura).

e) Deformaciones

Si la madera es apilada de manera incorrecta puede manifestarse la “deformación por rastrel” donde las tablas se curvan describiendo una ondulación.

Todos los demás defectos encontrados, tales como acebolladura (separación de los anillos de crecimiento), grietas de medula, la mayoría de las deformaciones, etc. serán causa de una madera de baja calidad.

2.2) Tecnologías utilizadas:

En este apartado describiremos las tecnologías convencionales de secado de madera así como las tecnologías aplicadas al secado solar.

2.2.1) Secado por convección:

La mayoría de las instalaciones industriales utilizan este método, ya que por otra parte es el que mejor reproduce las condiciones naturales de secado y el que menos problemas técnicos presenta. El aire actúa como agente secante aportando la energía necesaria y transportando el vapor de agua.

El secado solar se puede englobar dentro de esta categoría, pero debido a la naturaleza del proyecto describiremos ese método en su propio apartado.

Como sabemos en el proceso de convección desde una pared solida a un fluido está determinado por la ecuación:

$$Q=h(T_s-T_{\infty}) \quad [2.2]$$

Por lo tanto es fundamental mantener un valor del gradiente térmico (T_s-T_{∞}) elevado para mantener una transferencia de calor aceptable. Esto es fácil durante las primeras etapas del secado ya que por el proceso de evaporación superficial, la temperatura de la superficie permanece relativamente baja. Sin embargo conforme avanza el proceso la humedad va quedando concentrada en el centro de la pieza y la temperatura superficial aumenta, lo cual obliga a aumentar la del aire para mantener una transmisión de calor aceptable.

Existen diferentes formas de realizar el secado por convección:

2.2.1.1) Secado al aire libre:

Este es el método más antiguo y sencillo de secado, que lleva practicándose desde la antigüedad. Actualmente una gran proporción de madera en el mundo se seca total o



parcialmente al aire libre. En España, que no escapa a la norma general, casi un 80% de la madera aserrada se seca por este método. De igual modo en Nicaragua casi la totalidad se seca al aire libre.

El método consiste en apilar la madera recién aserrada en pilas ubicadas a la intemperie o, preferentemente, bajo cobertizos que la protejan de la lluvia.

La forma de realizar el apilado es fundamental para realizar un secado correcto, ya que hay que conseguir una buena circulación del aire a través de la pila.

La circulación horizontal se consigue separando las capas de madera entre sí mediante listones, la vertical separando las tablas que forman cada capa entre 1 y 6 centímetros. En ocasiones también se deja un espacio vacío en el interior con forma de chimenea para mejorar el flujo.

El secado al aire libre tiene ciertas ventajas, como la reducción de defectos en la madera debido al ritmo lento de secado o su bajo coste. Sin embargo también tiene inconvenientes, a saber:

- La creación de fuertes inmovilizados de madera debido a que el ritmo de secado es muy lento. Dicho ritmo depende de las condiciones ambientales (tales como temperatura y humedad relativa) y de la especie de madera a secar, pero puede oscilar entre 2 y 5 meses para obtener un 20% de humedad desde su estado verde.
- La imposibilidad de disminuir del 14-16% de contenido en humedad, lo que imposibilita el uso de la madera para su uso en interior.

En Nicaragua estos problema se agravan debido a su elevada humedad ambiental, siendo muy difícil lograr secados por debajo del 20-22% de contenido en humedad aún después de muchos meses. Además se pierde parte de la madera debido al deterioro de la madera por el ataque de hongos e insectos.

2.2.1.2) Secado en cámara

A comienzos del siglo XX los industriales se dieron cuenta de las limitaciones que tenía el secado al aire libre, por lo que desarrollaron métodos de secado en cámaras que permitiese utilizar aire a temperaturas más elevadas.

Después de los malos resultados iniciales que obtuvieron al hacer uso simplemente de aire caliente, se dieron cuenta de que era necesario regular las condiciones higrométricas dentro de la cámara de secado dando lugar a los métodos que se describen a continuación:

- a) Secado a temperatura intermedia

Es lo que se entiende por secado tradicional o convencional, el método consiste en una vez apilada la madera es introducida en la cámara de secado, donde se expone la pila a una corriente de aire a una humedad relativa controlada (entre el 40 y el 85%) y a una temperatura de entre 45° y 85° C.

El aire al entrar en contacto con la madera se enfría y se carga de humedad, siendo seguidamente expulsado al exterior.

Los secaderos industriales suelen contar con los siguientes elementos:

- Cámara de secado: se trata de una caja convenientemente aislada y estanca al vapor de agua, donde se introduce la pila de madera.
- Sistema de circulación de aire: Se trata normalmente de sistemas de circulación forzada que han de ser calculados cuidadosamente a fin de conseguir una circulación óptima. El rendimiento del proceso y la calidad del secado dependen en gran medida de este factor.
- Dispositivos de acondicionamiento: son los sistemas encargados de regular las condiciones térmicas e higrométricas dentro de la cámara de secado. Están compuestos por calefactores e humidificadores que elevan la temperatura y humedad del aire hasta los valores necesarios para producir un secado correcto. Dichos sistemas están a su vez controlados por termostatos y humidostatos situados a la entrada de aire de la pila de madera.

Los valores de humedad y temperatura óptimos dependen de la etapa del proceso de secado en la que nos encontremos, siendo necesario por tanto medir continuamente la humedad de la pila de madera mediante:

- a) Xilómetros de resistencia: instrumentos que determinan la humedad de la madera mediante la medida de su resistencia eléctrica. Son precisos y ofrecen valores continuos para la regulación automática, pero su uso está restringido a humedades mayores del 25%.
- b) Testigo: piezas de madera de las que se conoce su peso anhidro y, por tanto, su contenido en humedad. Este método es válido para cualquier contenido en humedad.

Este método de secado tiene múltiples ventajas, aumenta la calidad del secado, se reduce de forma importante el inmovilizado de madera debido a la enorme reducción del tiempo de secado, que pasa de meses a días o, como mucho, semanas.

También hay que tener en cuenta que el secado artificial permite regular el ritmo de secado para adaptarse a la demanda de madera o al ritmo de trabajo que haya en la etapa de transformación de la madera.

El precio de estas mejoras es el aumento del coste del secado. Debido a un aumento del coste de las instalaciones y a un elevado consumo de energía.

- c) Secado baja temperatura: presecaderos

Éste es un escalón tecnológico intermedio entre el secado al aire libre y el secado industrial descrito en el apartado anterior. Consisten en grandes cámaras de secado con una ligera circulación de aire y poco climatizadas. Se diferencia del anterior método en que no hay una regulación fina de la humedad y que la temperatura de trabajo es muy reducida.

La madera recién aserrada es introducida en enormes naves industriales con paredes provistas de un buen asilamiento e impermeables al vapor de agua. El equipo necesario consiste en:

- Ventiladores que consigan una circulación de aire suficiente para permitir el intercambio térmico entre la madera y el aire. (En ocasiones se puede prescindir de ventiladores y hacer uso de la propia convección natural del aire).
- Calefactores que mantengan una temperatura interior del orden de 30-33°C
- Sistemas de expulsión de aire humedad que mantengan la humedad relativa del ambiente entre el 75% y 80%.

Este método de secado permite obtener maderas con un contenido de humedad del 25% en tiempos del orden de semanas, frente a los meses que llevaría si se secaran al aire libre.

Debido a la baja temperatura a la que se trabaja es posible mezclar diferentes especies y espesores, así que las cámaras de procesamiento pueden funcionar como almacenes, donde la madera espera a su secado final. Además la calidad del secado es muy superior debido a las suaves condiciones empleadas.

El mayor inconveniente de este sistema es la fuerte inversión inicial necesaria.

- c) secado a alta temperatura

Dado que al aumentar las temperaturas de trabajo se reduce el tiempo de secado, es normal querer lograr temperaturas lo más altas posible.

Lo primero que hay que tener en cuenta es que los mecanismos de secado son distintos cuando se trabaja a temperaturas superiores al punto de ebullición del agua.

En este caso, al principio del secado se crea una ligera sobrepresión al evaporarse el agua libre. Esta presión impulsa un flujo de vapor desde la línea humedad hasta la superficie, y dicho flujo es favorecido por los radios leñosos y las punteaduras de paso, a diferencia de los secados a temperatura inferior, donde vimos que dichas estructuras

no eran efectivas en el transporte por difusión. Una consecuencia es que el secado a alta temperatura necesita de maderas muy permeables.

El factor limitante en este caso será la difusión térmica dentro de la madera, que permitirá el calentamiento de la parte interna.

Es conocido algunas especies soportan sin riesgos temperaturas de 120°C sin riesgos, el problema es que cada especie reacciona de manera diferente ante este tipo de secado. Así que los avances en este campo pasan por la experimentación práctica en cada especie de madera.

En principio podemos decir que el secado a alta temperatura funciona bien con coníferas (permeables) y mal con frondosas (poco permeables). Se han logrado secados en 20-24 horas en pino americano y australiano, en vez de las 80-90 que tardaría un secado a temperatura intermedia.

Este método tiene como principal ventaja una reducción notable del tiempo de secado (20-24 horas), además el consumo energético por kilogramo de agua evaporada disminuye o se mantiene.

Sin embargo el sistema presenta varios inconvenientes.

- Todavía se encuentra en fase de desarrollo.
- No es aplicable a todas las especies, sólo a aquellas suficientemente permeables.
- Degradación de las propiedades físico-mecánicas de la madera.
- Suele exigir un cepillado posterior debido a que se decoloran las superficies de las piezas.

2.2.2) Secado por conducción

El secado por conducción se basa en colocar la madera en contacto con placas calefactoras. Tiene el inconveniente de inducir fuertes gradientes térmicos en las piezas, eso restringe su uso a maderas con bajo contenido en humedad.

Estos problemas hacen que no sea un método muy utilizado a no ser que no se disponga de alternativa, como es el caso del secado al vacío (2.2.3.).

2.2.3) Secado por radiación

Este apartado incluye aquellos métodos que hacen uso de la aplicación directa de campos electromagnéticos a la madera para conseguir su calentamiento. Existen varios tipos en función del tipo de radiación empleada:

a) Secado por radiaciones infrarrojas:

En este método se aplica directamente a la madera radiaciones infrarrojas mediante lámparas especiales. Esta radiación produce un calentamiento superficial que se transmite al resto de la pieza por conducción.

Este método viene condicionado por el hecho de que la difusión térmica en la madera es difícil y que el tiempo para alcanzar el centro de la pieza aumenta mucho con el espesor. Esto limita su uso a piezas pequeñas pues de lo contrario se corre el riesgo de la aparición de defectos.

Debido a esto y al elevado consumo energético tiene poca presencia en la industria.

b) Secado por radiofrecuencia

Este método se basa en el fenómeno de que al situar una pieza de madera entre dos electrodos planos de un circuito de corriente alterna, ésta se calienta fuertemente debido a la agitación molecular.

La madera actúa a modo de dieléctrico, definido por su constante dieléctrica. Dicha constante en la madera crece con el peso específico y con el contenido de humedad.

La consecuencia de este fenómeno es un calentamiento de la madera en toda su masa, siendo tanto mayor cuanto mayor sea el contenido de humedad.

Dado que el mayor contenido en humedad suele estar en el centro de las piezas, esta técnica logra que se caliente más el centro de la pieza que el exterior. Esto conlleva un notable aumento de la circulación del agua debido a que suman los efectos del gradiente térmico (que ahora impulsa el agua hacia el exterior) y de humedad (ver apartado 2.1.6).

Esto tiene como consecuencia una notable reducción del tiempo de secado, del orden de una vigésima parte del tiempo empleado en el secado tradicional.

El gran inconveniente estriba en su alto costo, excesivo todavía para su empleo en la industria a gran escala.

2.2.4) Secado al vacío

El secado al vacío se basa en dos fenómenos que suceden al disminuir la presión: La disminución del punto de ebullición del y el aumento del coeficiente de difusión. De esta manera se puede acelerar notablemente el proceso, logrando tiempos de secado similares a los conseguidos con el secado a alta temperatura, sin correr el riesgo que implican temperaturas elevadas, que no siempre son soportadas por la madera, especialmente en frondosas. Tiene especial utilidad en el secado de frondosas duras y valiosas.

En la industria se suele trabajar con temperaturas de ebullición del agua de entre 40°C y 60°C, con esto se consigue una ebullición interna que causa un flujo de vapor. Dicho

flujo puede ser, bien condensado y expulsado al exterior en forma líquida o ser succionado directamente por la acción continua de la bomba de vacío.

Sin embargo el uso de vacío hace que el diseño de la cámara de secado sea radicalmente diferente ya que para hacer uso del vacío hacen falta cubas herméticas.

El problema fundamental radica en que no se puede transmitir el calor por convección, dada la presencia de vacío. Una posibilidad es utilizar el método discontinuo, donde a intervalos regulares se abre la cámara para restituir la presión atmosférica y calentar después la madera por convección. Si se desea tener un sistema que trabaje en continuo, será necesario otro sistema de calentamiento, a saber:

- Por conducción: El calentamiento se realiza mediante placas calefactoras en contacto con la madera.
- Por radiación: usando paneles radiantes colocados en la periferia de la pila
- Por radiofrecuencia: En este caso se utilizan campos electromagnéticos para calentar la madera simultáneamente en toda su masa.
- Por vapor sobrecalentado: En este caso se hace circular el vapor extraído de la madera por las baterías de calefacción, donde se sobrecalienta, y después se hace circular transversalmente por la pila de madera impulsado por ventiladores especialmente diseñados.

Es de señalar que los métodos que implican radiación o la acción del vapor apenas si tienen presencia en el mercado, si bien el uso de la radiofrecuencia está ganando aceptación, sobretodo en piezas de gran grosor.

2.3) Secado solar

En el secado solar se hace uso de la energía solar para calentar el aire que seca la madera por convección. Este método apenas tiene aceptación industrial hoy día en el secado de madera, aunque tiene bastante difusión del secado y deshidratación de productos agroalimentarios. Aun así está en proceso de desarrollo. Las principales ventajas de este sistema para el secado de madera son su bajo coste y gran sencillez. Sin embargo un secado puramente solar adolece de ser difícil de implantar a escala industrial y de ser difícil conseguir las condiciones necesarias en la cámara de secado para un proceso seguro.

En esta sección intentaremos dar una visión general de las posibilidades disponibles actualmente en secado solar.

2.3.1) Clasificación de los secaderos

Existen diferentes tipos de secaderos, se pueden clasificar bajo dos criterios: según el tipo de circulación del aire y según el modo de utilización de la energía solar, tal como muestra la figura 2.4.



2.3.1.1) En función del tipo de circulación de aire

Bajo este criterio los secadores se agrupan en 2 familias, los secadores activos y los secadores pasivos.

- Secadores activos: En este tipo de secadores el aire es movido mediante circulación forzada con ventiladores. Tienen la ventaja de que la velocidad de circulación del aire que se puede conseguir con estos secadores es mayor. Además existe la posibilidad de controlar el flujo de aire a diferencia de los secadores pasivos, la cual es importante en la primera etapa del proceso de secado.
- Secadores pasivos: En este caso la circulación de aire es movida por la flotabilidad natural del aire caliente frente al aire frío. Esta forma de circulación tiene la ventaja de ser más económica y sencilla, pero conlleva una mayor dificultad en controlar las condiciones higrotérmicas dentro de la cámara de secado.

2.3.1.1) En función del modo de utilización de la energía solar

Bajo este criterio nos encontramos 3 tipos fundamentales, los de tipo directo, indirecto y mixto.

- Secado solar directo: En este método los rayos solares inciden directamente sobre el cuerpo a secar, son los sistemas más sencillos ya que no necesitan mecanismos de circulación de aire ni paneles solares. Sin embargo la exposición directa de radiación solar a la madera puede causar en algunos casos decoloraciones superficiales.
- Secado solar indirecto: En este tipo de secadores los rayos solares no inciden en el cuerpo a secar, sino que inciden en un colector térmico, normalmente un colector de aire (aunque también se pueden utilizar colectores planos de agua mediante el uso de un intercambiador aire agua). A través de dicho colector de aire pasará el aire que atravesará más tarde la pila de madera.

Este tipo de secadores proporciona un mayor control sobre el proceso, y permite y pueden conseguir grandes flujos de aire caliente. Su principal inconveniente estriba en que es necesario construir el colector por separado de la cámara de secado, lo que aumenta el coste.

- Secado solar mixto: Este es una mezcla de los dos anteriores. En este tipo de secadores se hace incidir la radiación solar directamente sobre el producto a secar y también disponen de colector térmico, que calienta el aire que se hará circular posteriormente por la pila de madera.

Tienen la ventaja de aprovechar toda la energía disponible sin aumentar mucho el coste frente a un secador de tipo mixto. Como inconveniente volvemos a encontrarnos con que algunas maderas no deben exponerse a la radiación directa para evitar decoloraciones

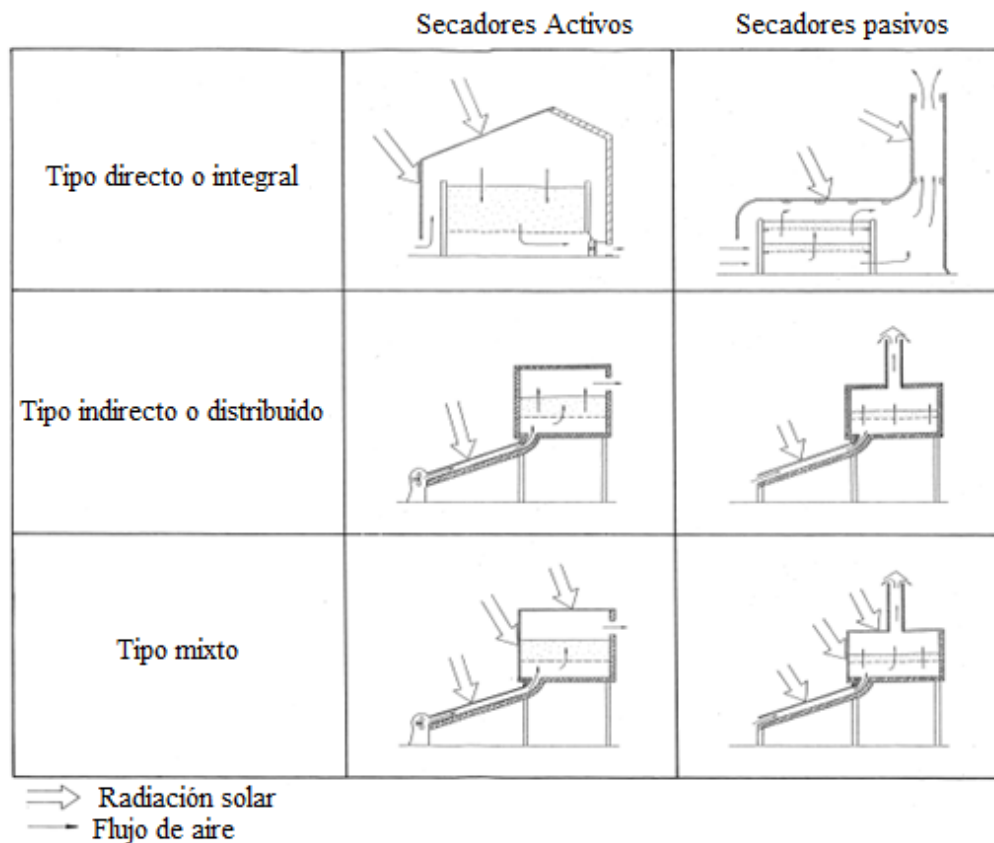


Figura 2.4 Diseños típicos de secadores solares [7]

Nosotros construimos un secador pasivo tipo mixto, en un intento de conseguir la mayor cantidad de energía posible y de eliminar por completo la necesidad de fuentes de energía externas. Usando un colector térmico se consigue una circulación de aire que, aunque puede ser reducida para las primeras etapas del proceso de secado, consigue una ventilación suficiente para las etapas finales (las más lentas). Todo se realizó intentando mantener un coste reducido.

2.3.2) Tipos de colectores solares:

En esta sección intentaremos hacer una descripción de los distintos diseños de colectores de aire que se utilizan actualmente. Todos ellos son válidos para secadores indirectos o mixtos de tipo activo y pasivo, aunque en nuestro análisis asumiremos que se trata de un secador pasivo, a fin de valorar el potencial de los distintos colectores de conseguir una buena corriente de aire.

En la bibliografía [7,8] encontramos gran variedad de diseños de colectores, tanto con convección natural como forzada, destinados a transmitir la mayor cantidad de energía posible al aire que atraviesa el colector. Dicha transferencia de calor es difícil, debido a la baja capacidad calorífica del aire y los bajos coeficientes de convección logrados, sobre todo cuando se trabaja con convección natural.

Los diferentes colectores que podemos encontrar actualmente son los siguientes, dichos sistemas serán analizados sólo en cuanto al caso de circulación por convección natural.

2.3.2.1) Colectores sin cubierta:

Estos son los más sencillos y baratos, su principal característica es que no disponen de cubierta transparente. Esto se traduce eliminar las pérdidas ópticas pero unas enormes pérdidas térmicas a través de la placa absorbente. Su rendimiento puede ser elevado si se trabaja a temperaturas muy próximas al ambiente ($\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$), a temperaturas más elevadas su rendimiento cae rápidamente. En la figura 2.5 mostramos un esquema de este tipo de colector.

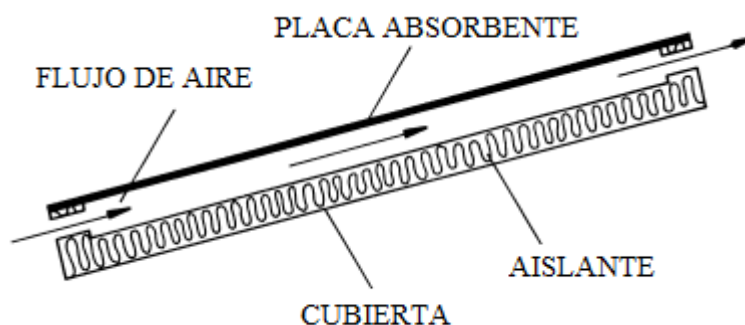


Figura 2.5 Colector sin cubierta [8]

2.3.2.2) Colectores con cubierta

Este tipo de colectores cuentan con una cubierta de vidrio, polietileno o cualquier material que deje pasar la radiación solar pero no permita el paso de la radiación infrarroja emitida por la placa.

Dentro de esta categoría se engloban varios tipos de colectores solares:

2.3.2.2.1) Colectores de canal simple

Este es el colector empleado en la construcción de nuestro secador solar, las principales ventajas que tiene son su sencillez de fabricación y un rendimiento relativamente elevado a temperaturas más altas que los colectores sin cubierta. Esto nos permite alcanzar temperaturas mayores sin una apreciable pérdida de rendimiento.

A su vez, en esta categoría podemos encontrar dos tipos de colectores:

- a) Colectores de paso frontal: En estos colectores el aire que se introduce a la cámara de secado fluye entre la cubierta transparente y la placa absorbente. Por lo tanto la placa absorbente está apoyada en la parte trasera del colector.

Tiene la ventaja de poder aislar todo lo necesario la parte trasera del colector sin entorpecer la radiación interceptada y de ser más sencillos y baratos de fabricar que los de paso trasero. Este es el tipo de colector usado en nuestro secador.

- b) Colectores de paso trasero: En estos, por el contrario, la placa absorbente se sitúa justo debajo de la cubierta transparente dejando entre ambos una capa de aire estática. Esto puede mejorar el aislamiento del colector por la parte superior lo que mejorara el rendimiento térmico. Aunque para ello es necesario mantener la placa absorbente lo más fría posible (con una corriente de aire elevada o aletas en la parte inferior de la placa). Si la placa se calienta demasiado el rendimiento será menor que en un colector de paso frontal. Podemos ver el esquema en la figura 2.6.

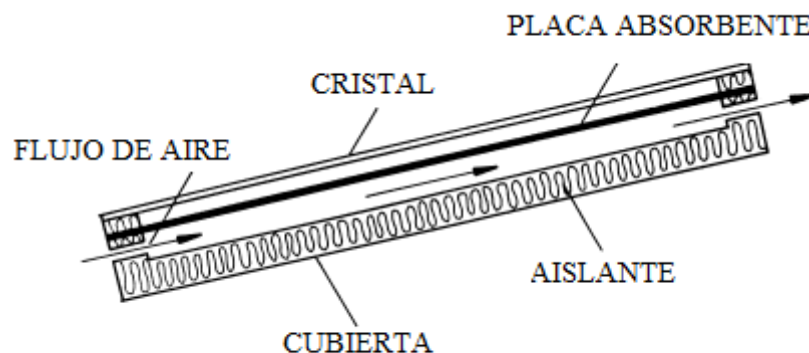


Figura 2.6 Colector con paso trasero [8]

2.3.2.2.2) Colector con placa suspendida

En este tipo de colectores la placa absorbente está suspendida en el medio del canal por el que pasa el aire, lo que crea un canal superior y otro inferior. Estos colectores cuentan con la ventaja de que se duplica el área de transferencia de calor frente a los colectores de canal simple, por lo que la temperatura de la placa absorbente disminuye. Esto conlleva unas menores pérdidas por radiación al exterior y un mayor rendimiento térmico. Además, dada la presencia del canal inferior, las pérdidas por la parte trasera siempre serán menores que en un colector con canal simple a igualdad de aislante (incluso a igualdad de temperatura de la placa absorbente).

Dentro de esta categoría encontramos dos variantes:

- a) Flujo paralelo: Este es el colector construido para la instalación experimental situada en la Universidad Carlos III, en este caso ambos canales fluyen en la misma dirección para mezclarse a la salida del colector. Con esto conseguimos, aparte del citado aumento de rendimiento, un aumento considerable del flujo de aire, dado el mayor área de paso disponible.
- b) Doble paso: En este caso el aire circula primero por debajo de la placa absorbente y luego por encima (o viceversa). Estos sistemas también aumentan el caudal generado por flotación con respecto a los de canal simple (ya que la temperatura es superior) Pero el caudal será menor que en el caso de flujo paralelo. Sin embargo consiguen temperaturas de aire superiores ya que aumentan la longitud efectiva del colector.

En la figura 2.7 encontramos un esquema de ambos tipos de colectores

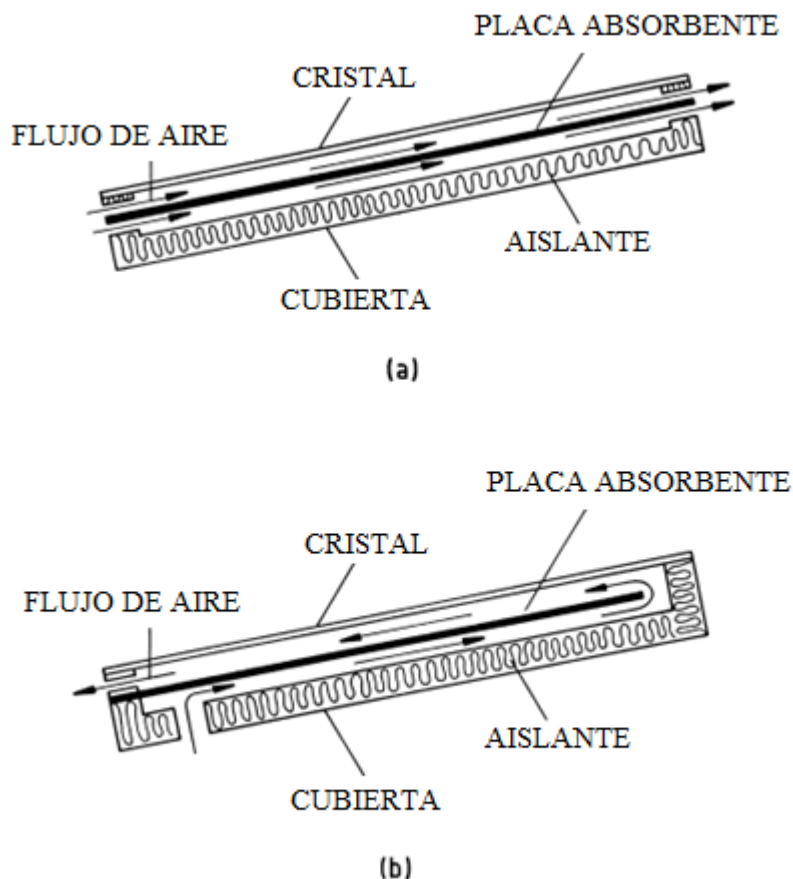


Figura 2.7 Colector de flujo paralelo (a) y de doble paso (b) [8]

2.3.2.2.3) Colector suspendido perforado

Este tipo de colectores son una modificación de los colectores de placa suspendida. Normalmente están formados por una placa absorbente con numerosos orificios y corrugaciones, lo cual aumenta el área de transferencia de calor, aumentando por tanto el rendimiento.

En la figura 2.8 se muestra un esquema del colector perforado

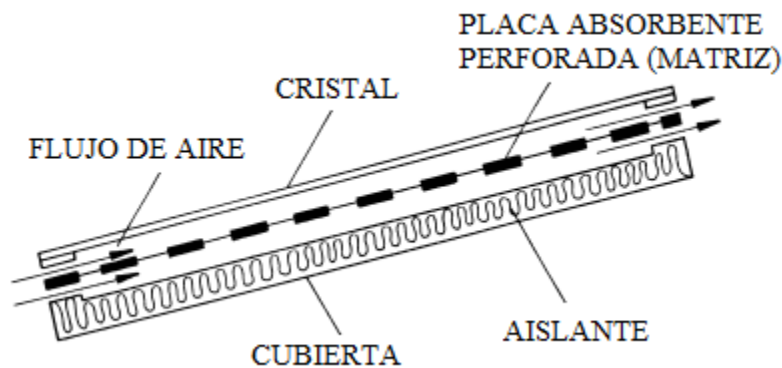


Figura 2.8 Colector de placa perforada [8]

2.3.2.2.4) Colector con placa aleteada

Esta disposición es otra de las soluciones encontradas para incrementar el área de transferencia de calor añadiendo al colector aletas en sentido longitudinal aumentamos significativamente los coeficientes de convección. Por tanto lograremos aumentar la temperatura del aire y disminuyendo la de la placa. También se obtienen rendimientos más elevados ya que el área de transferencia por radiación no aumenta y disminuye la temperatura de la placa.

Karim and Hawlader, (2004) compararon el desempeño de tres tipos diferentes de colectores: uno simple con cubierta transparente, uno con placa no suspendida y dotado de aletas y otro con corrugaciones en V. El colector dotado de corrugaciones exhibió los mejores resultados.

Una variante presentada por [10], mostrada en la figura 2.9 consistente en una placa no suspendida de flujo trasero, La placa absorbente está en contacto directo con otra placa con un perfil en forma de almenas. Dicha disposición forma varios canales por los que circula el aire.

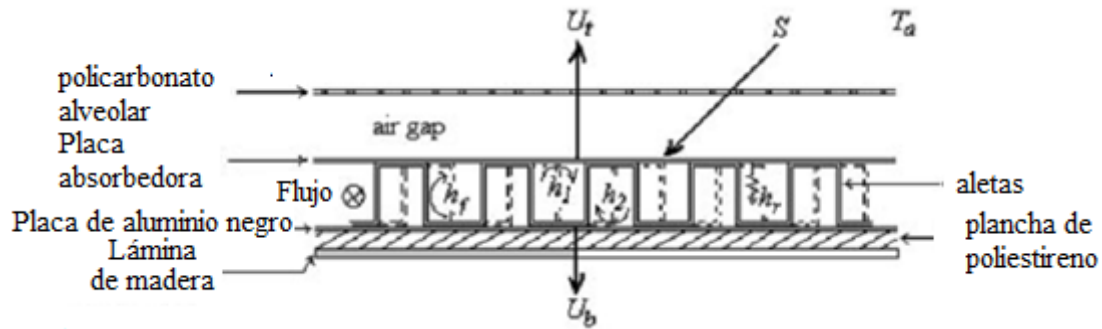


Figura 2.9 colector con canales rectangulares

2.3.2.2.5) Colector con almacenamiento

En este tipo de colectores se sitúa debajo de la placa absorbente una cierta cantidad de material con una elevada capacidad calorífica, por ejemplo arena. Dicho material al iniciarse el proceso haría de aislante térmico pero su verdadero propósito sería calentarse para proporcionar energía cuando el sol empieza a ponerse. El secador construido por [11] logró aire caliente incluso durante la noche.

Un inconveniente es que el elevado peso del material de almacenamiento obliga a hacer la estructura del colector mucho más resistente, con el consiguiente aumento del coste.

En la figura 2.13 podemos observar el secador construido [11]

2.3.2.2.6) Colector con varias cubiertas de transparentes:

Dado que la placa absorbente se calienta mucho, la transferencia de calor por radiación a la cubierta de vidrio es muy elevada, dicha cubierta se calienta y pierde calor al exterior por convección y radiación. Esta puede ser la pérdida de calor más importante así que reducirla es deseable.

La mejor forma de lograr esto es poniendo varias cubiertas transparentes separadas por una capa de aire estática. Sin embargo aunque se reduzcan las pérdidas por radiación aumentan las pérdidas ópticas, por lo tanto el efecto aislante será tanto más beneficioso como mayor sea la temperatura de trabajo.

En la figura 2.10 mostramos las curvas de normalización obtenidas en función del número de cubiertas.

O.V. Ekechukwu, B. Norton / Energy Conversion & Management 40 (1999) 657-667

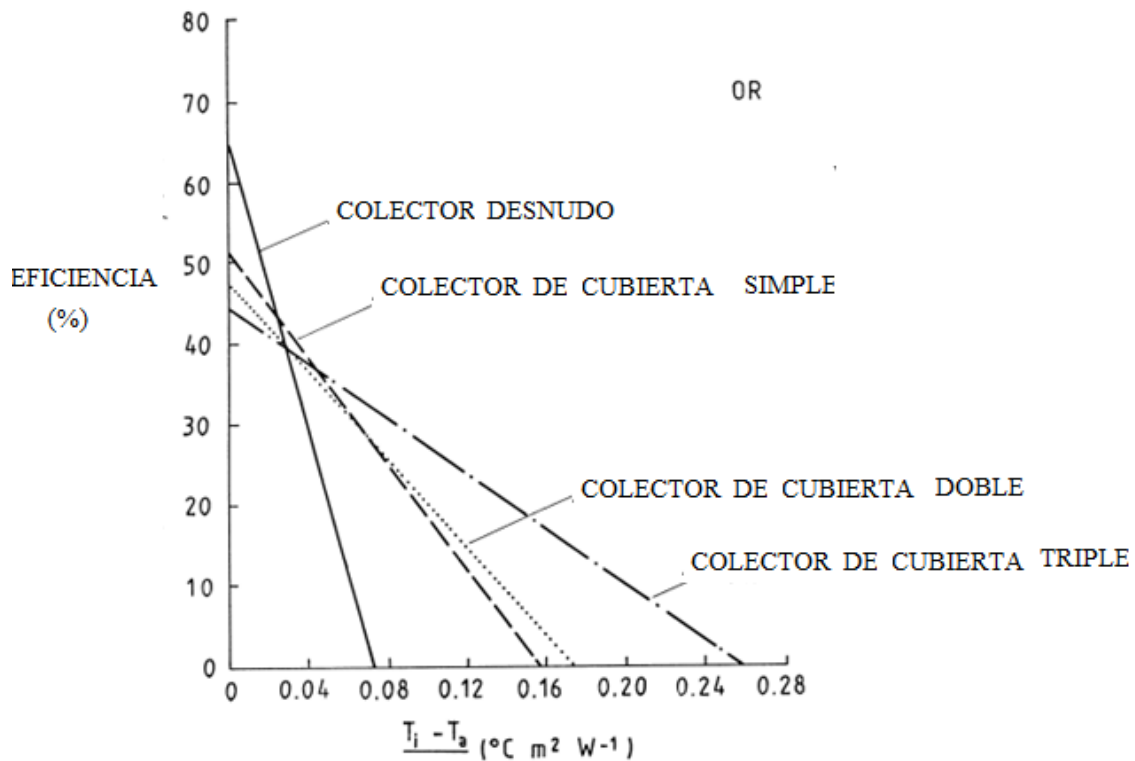


Figura 2.10

2.3.3) Tipos de cámaras de secado

El diseño de la cámara de secado presenta menos variaciones que en el caso de los colectores térmico, lo que no significa que no se deba cuidar su diseño. Las funciones que debe desempeñar son principalmente dos:

- Debe asegurar una buena canalización del aire hacia el exterior. Esto es particularmente importante en el uno de secadores pasivos.
- Debe proteger el interior de las inclemencias del tiempo y mantener una adecuada hermeticidad, es decir, sólo debe dejar escapar el aire por la salida una vez haya atravesado la pila de madera.

En base a esto, nos encontramos las siguientes características constructivas de las cámaras de secado en secadores de tipo directo y mixto, con circulación de aire tanto pasiva y activa. Aunque, normalmente, los secadores suelen mostrar una combinación de ellas.

2.3.3.1) Cámara con chimenea



Añadiendo una chimenea a la cámara de secado se mejora el flujo y la ventilación y el flujo a través de la misma. Es una solución encontrada en la mayoría de los secadores vistos en la bibliografía y su uso es muy recomendable.

Puede añadirse en lo alto de la chimenea un ventilador rotativo, que gira con la propia impulsión de la chimenea, pero continua girando cuando la impulsión cesa. Este ventilador hace más estable el flujo de salida sin suponer un gasto de energía.

2.3.3.2) Cámara con paredes absorbentes

Pintando de negro las paredes de la cámara de secado se convierte de inmediato en una superficie de captación. En algunos casos la pared es simplemente pintada de negro para que al calentarse al sol, provoque un flujo ascendente y un calentamiento en el aire de la cámara. En otros se coloca una cubierta de vidrio, transformando así las paredes orientadas al sur (en el hemisferio norte) en colectores solares.

Esta última opción puede llegar a ser muy efectiva si dicha pared se inclina y se obliga al aire a circular por un circuito simple o doble (pared-colector) pudiendo alcanzar altas temperaturas.

2.3.3.3) Cámara con paredes transparentes

Los secadores mixtos siempre presentan alguna de sus paredes transparentes (generalmente el techo). Sin embargo, en otras ocasiones encontramos también la pared sur transparente. Esto aumenta enormemente la cantidad de energía incidente en el secador. Además cuando se sitúa una cubierta transparente combinada con la pared opuesta pintada de negro conseguimos un incremento mayor del calor disponible, así como una pared caliente que impulsa el aire a través de la cámara de secado. En la figura 2.11 podemos apreciar el esquema de una cámara construida con este principio por Brace Research Institute, Canada.

Como se ha comentado con anterioridad, estas mejoras tienen como desventaja que algunas maderas no soportan la acción directa de los rayos solares.

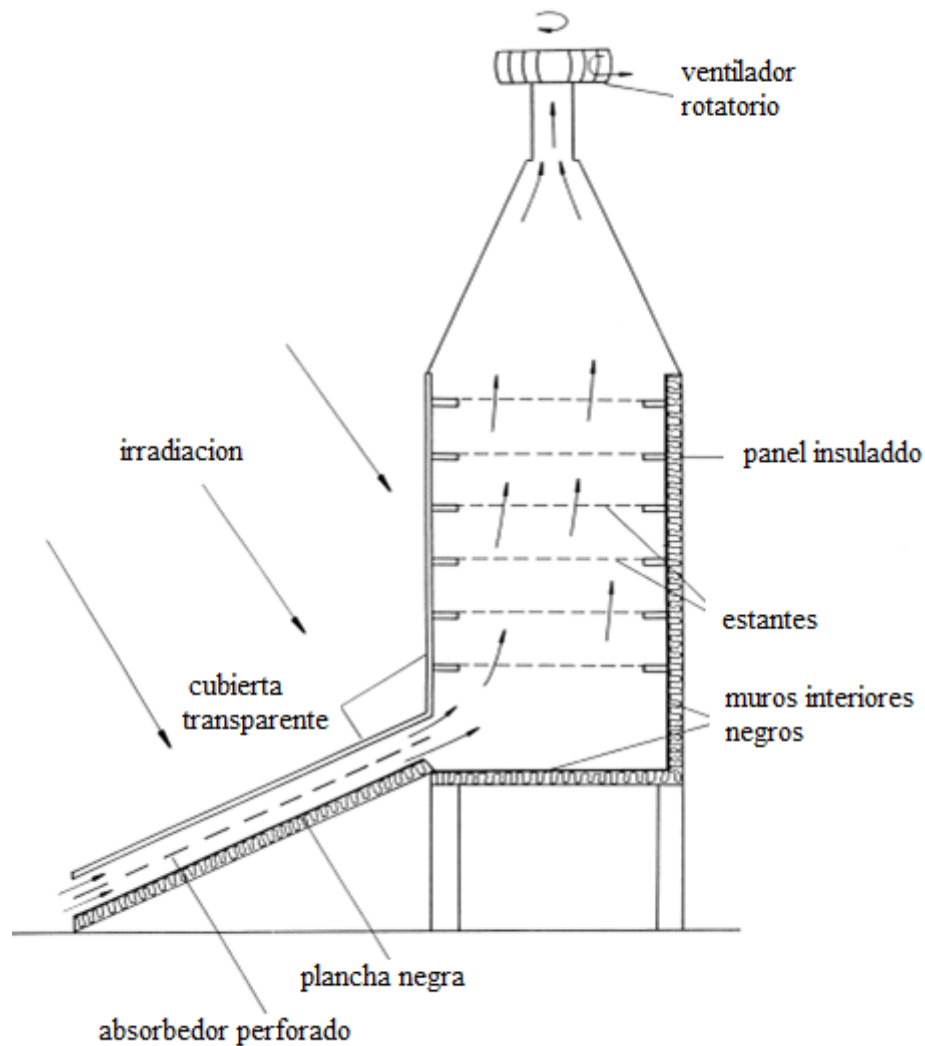


Figura 2.11

En la figura 2.12 Podemos apreciar un secador mixto con gran cantidad de almacenamiento, incluido en la cámara de secado. En la figura 2.13 podemos ver el secador de [11], de tipo puramente indirecto. Su cámara sólo cuenta con una chimenea para encauzar el flujo.

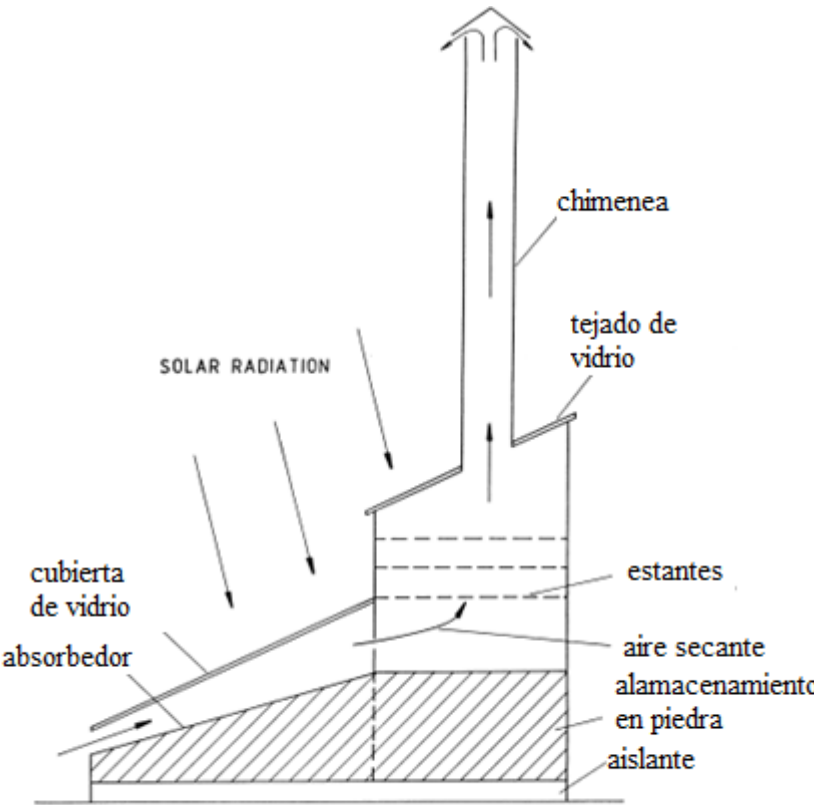


Fig. 16. A mixed-mode natural-circulation solar-energy dryer with thermal storage.

Figura 212

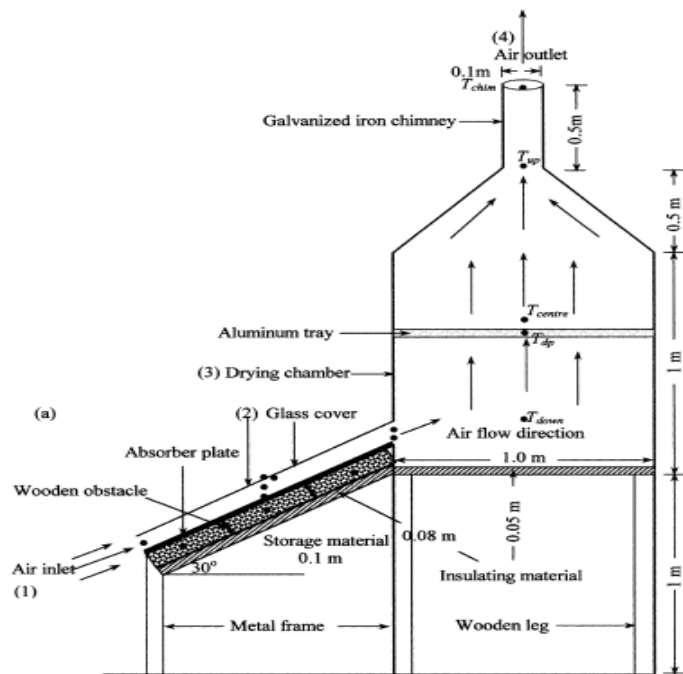


Figura 2.13



Capítulo 3

Descripción del secador solar

Este apartado comprende todo el trabajo realizado con el secador solar. Abordaremos desde la construcción y puesta a punto del mismo como los ensayos realizados. Analizaremos el secador por dos vías: Primero estudiaremos el secador en sí, midiendo directamente las propiedades del aire en su interior y después Estudiaremos su funcionamiento observando el secado conseguido y la velocidad a la que es capaz de secar.

3.1) Construcción

En este apartado describimos el proceso de construcción de un secador solar de forma que los usuarios potenciales (pequeñas carpinterías o aserraderos) cuenten con un manual para la construcción de su propio secador.

El secador solar, de tipo pasivo y mixto, está compuesto por dos partes bien diferenciadas: La cámara de secado y el colector térmico.

3.1.1) Cámara de secado

En la cámara de secado es donde se sitúa la madera y ocurre el proceso de secado propiamente dicho. Debe ser una caja cerrada con una sola entrada de aire en la parte

inferior, donde se inserta el colector térmico, y una sola salida en la parte superior para la ventilación. El motivo de esta disposición es facilitar la convección natural a través del lecho de madera y que de esta forma se cree una corriente de aire que extraiga la humedad de la cámara de manera efectiva.

Para construir la cámara se utilizó una estructura de tubos de acero cuadrados de una pulgada de lado. En la figura 3.1 se muestra un esquema de la colocación de dichos tubos:

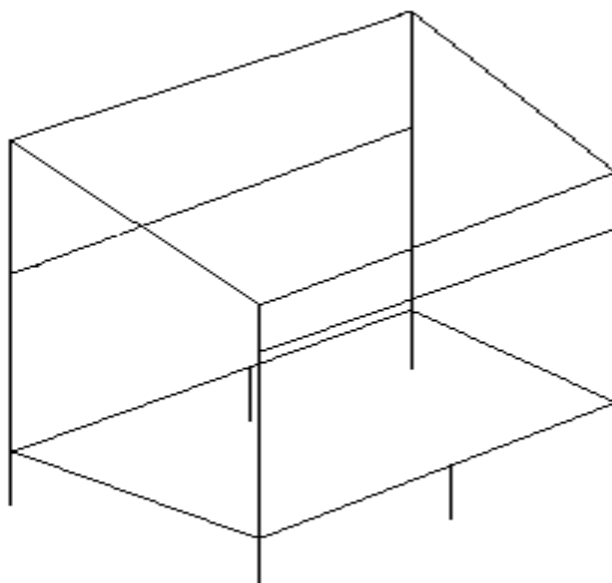


Figura 3.1 Esquema de la estructura de la cámara de secado

Como hemos dicho en la cámara de secado se situará la madera, por tanto es necesario añadir bandejas para sujetar la madera. Dichas bandejas se construirán usando un material que permita el paso del aire. De esta forma la corriente de aire podrá atravesar las sucesivas bandejas secando la madera.

En nuestro caso utilizamos una malla de alambre fino con cables más gruesos entrelazados para sostener el peso. Estas mallas se unen a un cuadro formado por cuatro barras de acero que forman la estructura de la bandeja. En la figura 3.2 se observan los cuadros de las 4 bandejas con las que cuenta nuestra cámara de secado. En dicha figura también observamos la estructura de la cámara y la salida del aire, en la esquina superior izquierda.



Figura 3.2 estructura de la cámara de secado

Otra posibilidad es construir las bandejas con una malla rígida que permita poner los tablones de canto, ya que en esta posición el proceso de secado es más homogéneo y se dificulta la aparición de deformaciones en la madera. En la figura 3.3 se muestran las bandejas cargadas con tablones, podemos apreciar debido a que la malla es flexible es necesario tumbar los tablones. En el caso de optar por esta solución constructiva (más sencilla y barata que la malla rígida) es necesario dar la vuelta periódicamente a los tablones, de esta forma se expongan ambas caras al flujo de aire caliente.



Figura 3.3 Bandejas de la cámara de secado

Para cerrar la cámara se utilizó planchas de acero galvanizado (abundantes en la zona) de 0.5 mm de espesor, dichas planchas se unieron a los tubos cuadrados mediante remaches.

Es crucial hacer la cámara lo más estanca posible, para lo cual se han de tapar todas las rendijas con algún tipo de sellador (cinta americana, pasta selladora...) ya que todo el aire que salga por las rendijas no pasará por la pila de madera, lo cual es poco deseable. Además puede entrar agua en caso de que llueva, lo que hay que evitar a toda costa, sobretodo en Estelí, una zona con abundantes lluvias.

En nuestro caso usamos una cinta impermeable con un adhesivo similar al alquitrán con una capa protectora de aluminio, que se suele utilizar en fontanería para tapar fugas de agua.

Para acceder a la cámara de secado es necesaria una puerta, unida mediante dos bisagras al resto de la estructura. Fue construida también con tubos cuadrados y planchas de acero galvanizado. Para mantener el sellado de la cámara colocamos unas tiras de goma en la parte interior de los tubos que forman la estructura y las sujetamos con cinta selladora. De esta forma al cerrar la puerta con un pestillo se podía ejercer presión sobre la goma flexible, consiguiendo así un sellado de manera similar a una nevera, como se muestra en las figuras 3.4 y 3.5. Estas gomas pertenecían a la cámara de aire de una rueda de motocicleta.

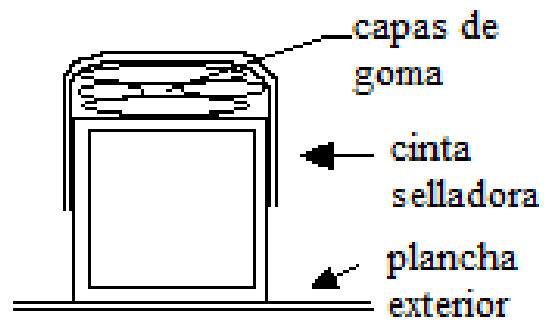


Figura 3.4 Esquema del marco de la puerta



Figura 3.5 marco de la puerta

También se colocó una tira de goma por la parte interior de las bisagras, como se muestra en la figura 3.6, así logramos un sellado de la puerta casi perfecto.



Figura 3.6 Cobertura de las bisagras

Para terminar la construcción de la cámara de secado se colocaron 2 láminas de vidrio en la parte superior para permitir la entrada de radiación directa. Para colocar estas láminas se construyó un marco de madera con un rebaje donde asentar las láminas de vidrio, que fueron fijadas con silicona.

En la figura 3.7 puede observarse dicho marco. En el recuadro rojo de dicha figura podemos apreciar una pieza de aluminio con un perfil en T que se asentaba en el marco de madera y sostenía las láminas de vidrio según el esquema de la figura 3.8.



Figura 3.7 Parte superior de la cámara y marco de aluminio

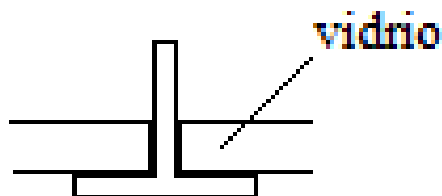


Figura 3.8 Esquema del marco de aluminio

3.1.2) Colector térmico

El colector solar sufrió varias modificaciones durante el proceso de construcción. Esta construido con un marco de madera, utilizando tablones de una pulgada de espesor y dos pulgadas de anchura.

En su parte inferior se usaron tablas cuadradas de fibrocemento, que inicialmente sería el único aislante térmico. En la figura 3.9 puede observarse el marco exterior y la cubierta inferior.



Figura 3.9 Marco y cubierta exterior del colector

Para sostener las láminas vidrio se añadió un marco interior con un rebaje y dos soportes centrales, todo ello construido con los tablones de las mismas dimensiones que el marco exterior. Las láminas de vidrio se unieron al marco interior con silicona.

El marco interior fue cubierto con una capa de papel de aluminio para evitar que la condensación y las posibles filtraciones de agua de lluvia afectasen a la madera.

Para unir el colector térmico a la cámara de secado utilizamos las propias planchas de acero galvanizado, que al ser muy finas se doblaban con facilidad ejerciendo cierta presión sobre las láminas de vidrio para cerrar el conjunto impidiendo la entrada de aire y agua. Sólo hubo que atornillar los laterales de las paredes de la cámara a los laterales del secador y sellar las esquinas con cinta.

La placa absorbente se construyó con una lámina de acero de 0.9 mm de espesor en una sola pieza pintada de negro.

En la figura 3.10 puede observarse el colector terminado, podemos apreciar el marco interior, cubierto de papel de aluminio, también como la chapa de acero galvanizado se apoya sobre el vidrio y con los soportes centrales marcados con círculos rojos.



Figura 3.10 Colector térmico

El colector así construido no dio resultados satisfactorios, así que se modificó su diseño en dos factores:

Primero se agrandó la entrada de aire, inicialmente formada por agujeros muy pequeños, agrandando estos agujeros mediante taladros de 1,5 pulgadas de diámetro como se muestran en las figuras 3.11 y 3.12.



Figura 3.11 Toma de aire inicial



Figura 3.12 Toma de aire agrandada

También se aumentó el aislamiento térmico del colector utilizando cajas de cartón, apilando varias hasta obtener un grosor de 1.5 centímetros. El cartón corrugado es un material excelente como aislante debido a su baja conductividad térmica, su bajo precio.

Además, dado que las láminas de cartón eran de tamaños diferentes, hubo que colocarlas de manera irregular. Esto tiene la ventaja de almacenar pequeñas burbujas de aire, consiguiendo así un aislamiento mucho más efectivo.



Figura 3.13 Capas de cartón como aislante

Aún después de estas modificaciones el desempeño del colector continuaba siendo pobre. Aunque conseguíamos temperaturas elevadas (de unos 90 o 100 °C en placa absorbente) la impulsión que generaba el colector era muy baja, arrojando caudales casi nulos en la salida del colector.

Para solucionar este problema se agrandó de nuevo la entrada de aire, retirando la madera que quedaba entre los taladros previamente realizados. De esta forma la entrada finalmente quedó como dos rectángulos de 1,5 pulgadas de altura que ocupaban casi toda la parte frontal, dejando una pieza de madera en el centro para darle rigidez estructural. Pero aún así los caudales generados por el colector eran todavía bajos.

La solución final vino al levantar la entrada de aire del colector a unos 40 cm del suelo, de forma que hubo que levantar todo el secador y construir unas patas para sostener el colector, tal y como se aprecia en la figura 3.14.



Figura 3.14 Elevación del secador

Esta sencilla modificación mejoró notablemente la impulsión generada por el colector, ya que alejaba la entrada del mismo de las corrientes ascendentes que manan del suelo. Consideramos fundamental mantener la entrada del colector a una distancia mínima de 30 cm del suelo para poder obtener un flujo aceptable con convección natural.

3.2) Estudio del secador mediante sensores

En este apartado estudiaremos el funcionamiento del secador mediante los valores de humedad, temperatura y gasto obtenidos de los sensores disponibles. Dichos sensores fueron colocados de manera que describan el comportamiento del colector térmico y de la cámara de secado. Lo dividiremos en dos partes, primero describiremos como se diseñó el experimento y a continuación realizaremos el estudio en cuestión.

3.2.1) Caracterización del sistema de medida

Lo primero que haremos será describir el método de toma de datos que seguimos, empezaremos con una descripción de los sensores que utilizamos y donde se colocaron y después analizaremos la consistencia de los datos obtenidos, quedándonos con un juego de medidas para describir el sistema.

3.2.1.1) Descripción del sistema

Para la realización de las medidas in situ nos apoyamos de varios sensores. Disponíamos de dos sensores con memoria: Un termohigrómetro modelo PCE-313, capaz de medir la temperatura y humedad relativa del aire y un anemómetro hilo caliente modelo PCE 009, capaz de medir la velocidad de la corriente y su temperatura.

Gracias a estos sensores podemos hacer una toma continua de datos durante periodos prolongados de tiempo, lo cual nos permite medir con una precisión razonable el comportamiento en régimen permanente del secador. Los detalles técnicos de dichos sensores se describen en los anexos. También pudimos utilizar algunos termopares para medir la temperatura en diversos lugares de interés. Con estos sensores se realizaron principalmente 2 medidas:

- a) Medida de la temperatura de la placa absorbente del colector térmico. Se anotaron un total de 11 medidas, todas ellas tomadas en días distintos.
- b) Medida a la salida del secador, el objetivo de medir en este punto era comprobar si el anemómetro y el higrómetro estaban midiendo correctamente.

También disponemos de los datos de la estación meteorológica del Limón, perteneciente a la Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM en Estelí.

Se realizaron 9 ensayos en el colector térmico de 20 minutos de duración como mínimo. Tres ensayos a 10°, tres a 15° y tres a 20°. Para cada inclinación hay un ensayo antes, durante y después del mediodía. Todos los sensores se calibraron antes del ensayo.

También se realizó un ensayo a cada inclinación del secador en su conjunto, midiendo la evolución de la humedad antes y después de atravesar las tablas de madera.

La frecuencia de toma de medidas se fijó en 1 dato cada 5 segundos para tener una buena cantidad de datos.(entre 300 y 500 datos para cada variable medida) Debido a que los sensores se calibraron justo antes del ensayo, en uno de los higrómetros no se cambio la frecuencia de toma de datos, que quedo en el valor por defecto de 1 dato cada 20 segundos. Aún así se ha decidido usar sus medidas porque aunque tenga una cantidad menor de datos, están igualmente distribuidos durante la duración del ensayo y creemos que 1 dato cada 20 segundos es una cantidad razonable de datos (aproximadamente 100 a 200 datos en las variables medidas por este sensor).

Los sensores con memoria fueron colocados según el esquema mostrado en la figura 3.15.

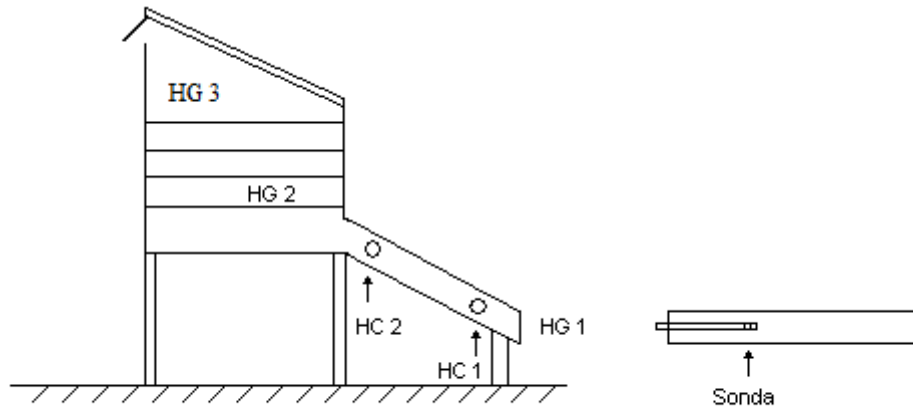


Figura 3.15 Esquema del sistema de medida

De esta forma para medir las variables de interés disponemos de las siguientes medidas:

- a) Temperatura: Dado que tanto el higrómetro como el hilo caliente miden temperatura, obtendremos dos medidas a la entrada y dos a la salida. También mediremos la temperatura a la salida del secador con el higrómetro, sólo dispondremos de esa medida.
- b) Gasto: Mediremos la velocidad a la entrada y a la salida, luego dispondremos de 2 medidas para el gasto.
- c) Humedad: Mediremos la humedad relativa a la entrada y a la salida del colector, así que tendremos 2 medidas de humedad absoluta. Los higrómetros fueron calibrados antes de llevar a cabo la medición. También mediremos la humedad a la salida del secador con el higrómetro, sólo dispondremos de esa medida.

Se tuvo especial cuidado de situar las sondas de los anemómetros de forma perpendicular al flujo a fin de determinar correctamente la velocidad.

3.2.1.2) Consistencia de los datos

Debido a que tomamos medidas con varios sensores cada vez, es necesario comprobar si estas son consistentes. Esto es, si medimos la misma magnitud con dos sensores diferentes los datos arrojados por ambos sensores deben ser similares.

Los datos arrojados por los sensores serán nubes de puntos. Dichas nubes están caracterizadas por su media y su desviación típica (en función de la precisión de cada sensor) Independientemente de la precisión de los sensores, no debe haber un sensor que sistemáticamente mida mas o menos que otro al medir la misma magnitud. Si esto sucede hemos de averiguar cuál es la causa y desechar las medidas incorrectas.

Estas consideraciones sólo serán relevantes en las medidas realizadas al colector, ya que en las medidas de la cámara de secado no hay duplicidad de datos.

Lo primero que haremos será comprobar la calidad de los datos que nos da el sensor, en la figura 3.16 podemos observar los datos de temperatura

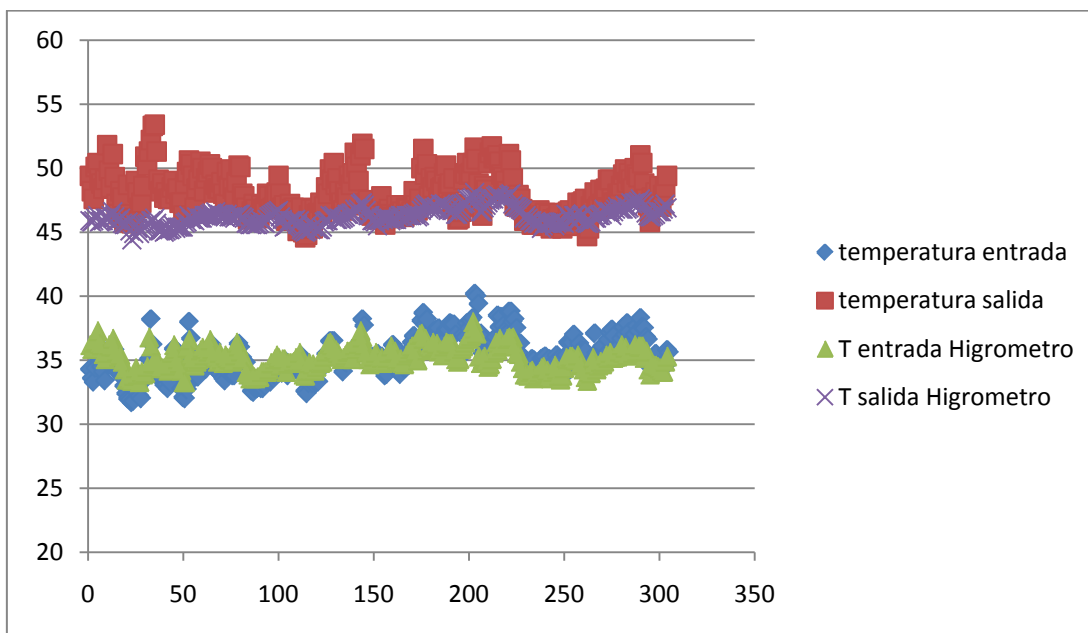


Figura 3.16 datos de temperatura obtenidos para el primer esnayo a 15° de inclinación

Vemos que los datos ofrecen muy poca dispersión, son muy lineales y homocedasticos,. En la figura 3.17 podemos ver las medidas de humedad relativa abtenidas por los higrómetros.

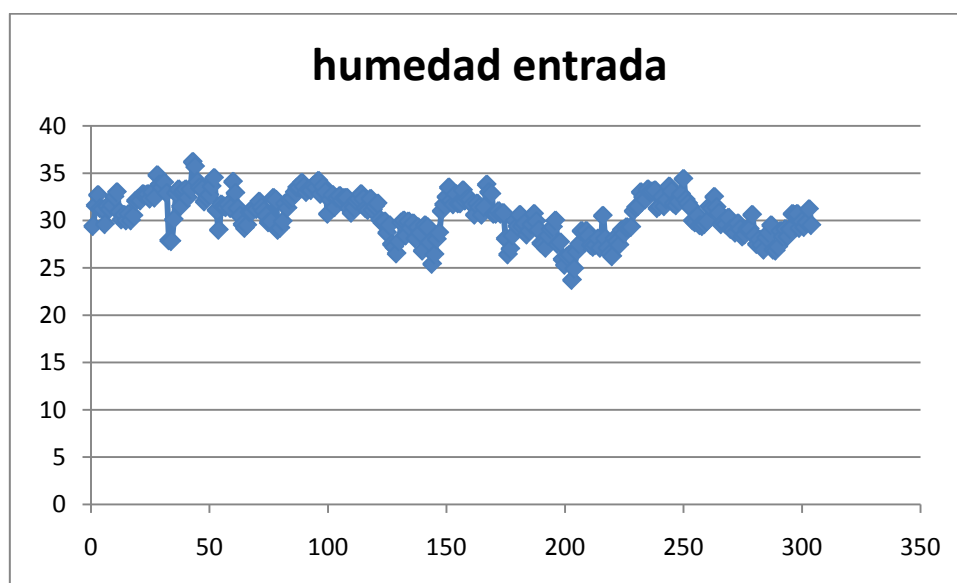


Figura 3.17, datos de humedad a la entrada

En la figura 3.17 mostramos los datos de humedad relativa arrojados por el higrómetro. Vemos que también son muy lineales y homocedásticos, aunque se observa cierta oscilación de las medidas, es de poca importancia. Por lo que los datos de humedad medirán con precisión suficiente la humedad relativa del aire.

Por último en la Figura 3.18 mostramos los datos medidos para la velocidad a la entrada del colector (losa datos de velocidad a la salida tienen un aspecto prácticamente igual).

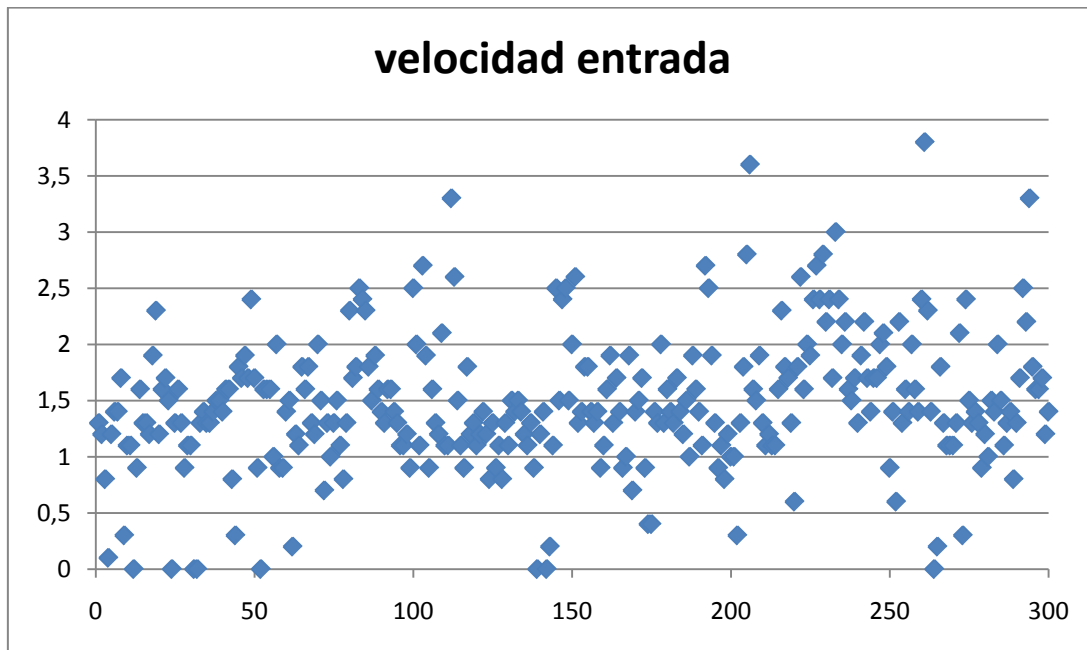


Figura 3.18 Velocidades a la entrada del colector

Podemos apreciar en la figura 3.18 que los datos de velocidad aportados por el anemómetro de hilo caliente son los que más dispersión tienen, podemos ver varias medidas donde el sensor marca cero, y otras medidas donde marca valores muy altos (3-4 m/sg) sin embargo vemos que los datos son muy lineales y, aunque hay algunos datos atípicos que se salen mucho de los rangos, la desviación típica es bastante constante.

Como contamos con la ventaja de una gran cantidad de datos, el efecto de estos datos atípicos se diluirá con facilidad.

A la vista de las figuras 3.16-3.18 llegamos a la conclusión se puede tomar para los valores de las variables a medir en cada ensayo las medias de cada conjunto de datos. Como en el resto de la sección compararemos constantemente los resultados para diferentes inclinaciones, a partir de ahora todos los puntos que aparezcan en las figuras corresponderán a la media de un conjunto de datos como los de las figuras 3.16-3.18.

A continuación analizamos la consistencia de los datos. Cada punto mostrado en las graficas corresponde a la media de cada ensayo.

3.2.1.2.1) Medida del gasto

El gasto es medido mediante los 2 anemómetros de hilo caliente disponibles, situando uno a la entrada y otro a la salida. Como es natural el gasto calculado debe ser el mismo a la entrada que a la salida, lamentablemente el área de paso a la entrada y a la salida son distintas. Dado que el anemómetro nos ofrece medidas de velocidad del flujo, la velocidad del aire a la entrada y a la salida será, efectivamente, distinta.

Por lo tanto para analizar la consistencia de las medidas del gasto es necesario calcularlo a partir de la velocidad medida. El cálculo del gasto se detalla en el apartado 3.2.2.2, aquí nos limitaremos a mostrar los resultados obtenidos mediante las Figuras 3.19 y 3.20.

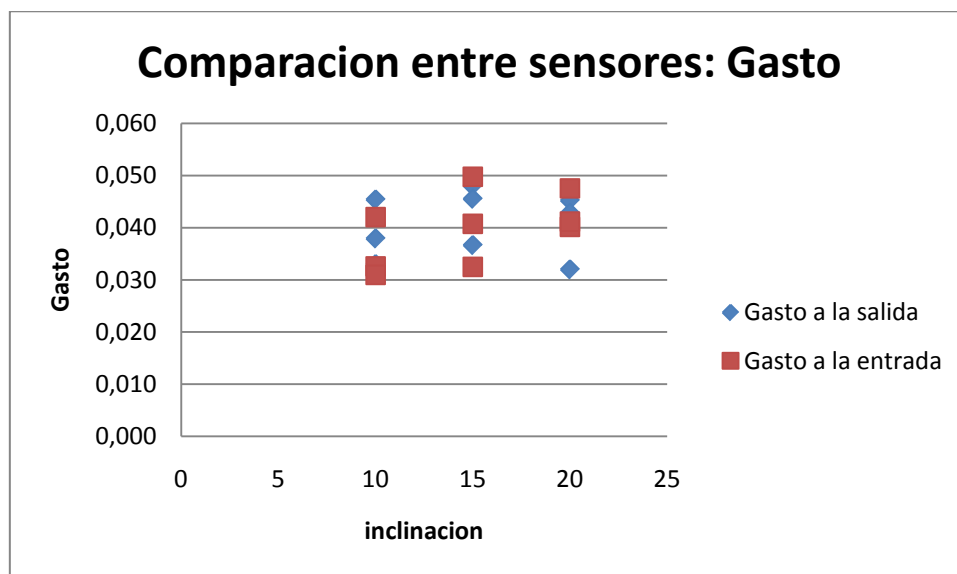


Figura 3.19 Comparación de las medidas del gasto por inclinaciones

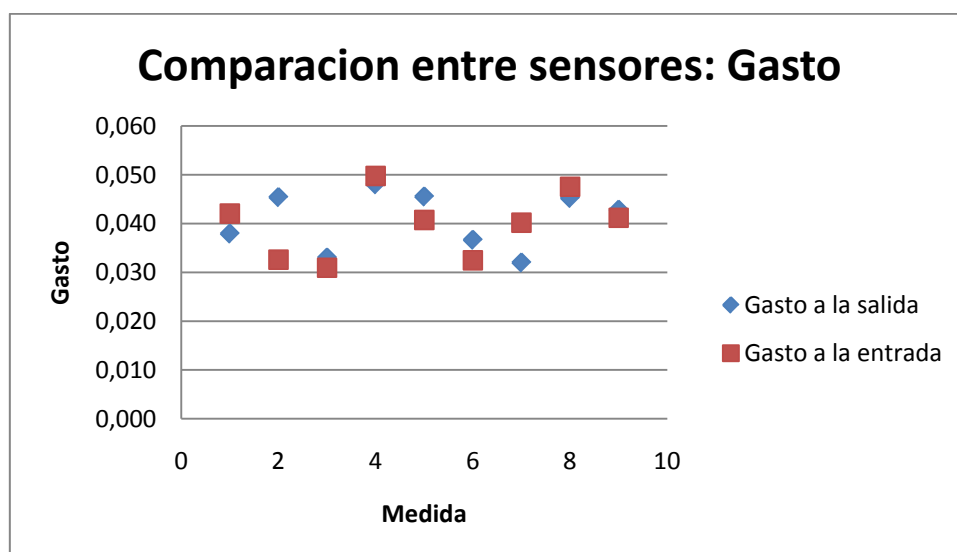


Figura 3.20 Comparación de las medidas del gasto por medidas

En la figura 3.19 se muestran las medidas del gasto en la entrada y la salida agrupadas por inclinación. Vemos que, aunque el gasto varía con la inclinación, las medidas están distribuidas de manera relativamente homogénea.

En la figura 3.20 observamos los valores obtenidos en cada ensayo. Vemos que en algunas el gasto a la entrada es mayor y en otras, menor que a la salida. Por tanto no hay preferencia por ningún sensor de sobreestimar ni subestimar el gasto. Además la dispersión de las medias de los datos es muy similar.

Por este motivo utilizaremos las medidas de los dos sensores para determinar el gasto, promediándolas.

3.2.1.2.2) Medidas de temperatura

Como dijimos anteriormente, disponemos de dos medidas para cada temperatura, las proporcionadas por el sensor de hilo caliente las proporcionadas por el higrómetro. Analizaremos su consistencia mediante las figuras 3.21 y 3.22.

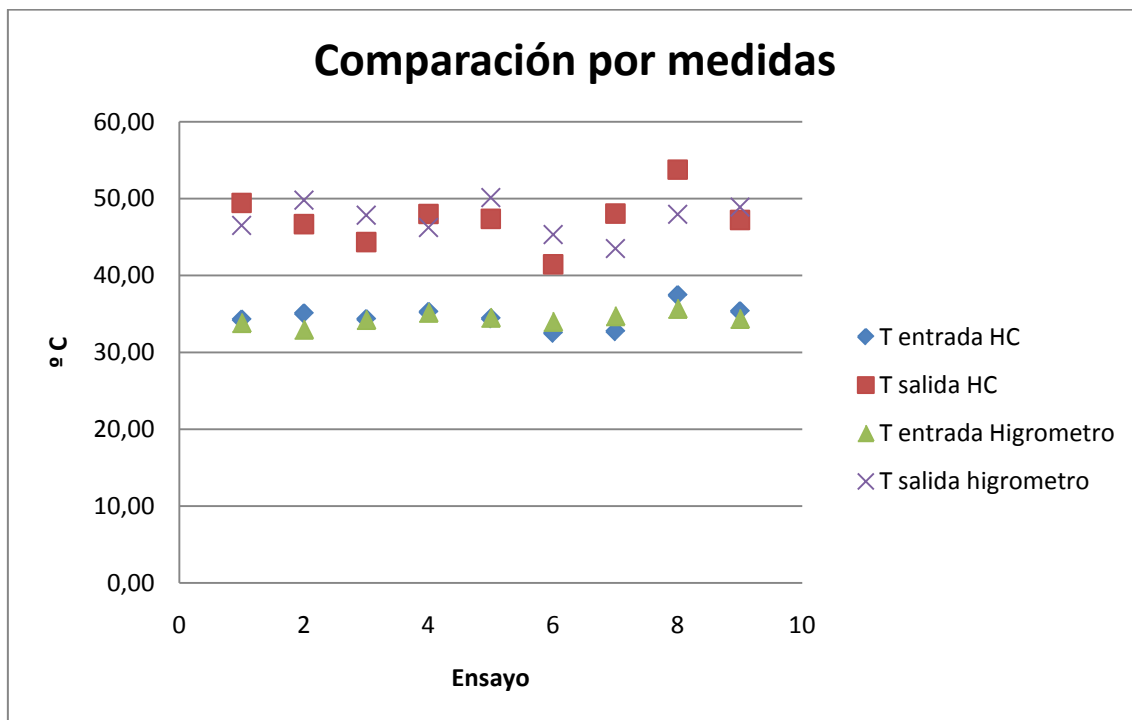


Figura 3.21 Comparación de las medidas de temperatura por medidas

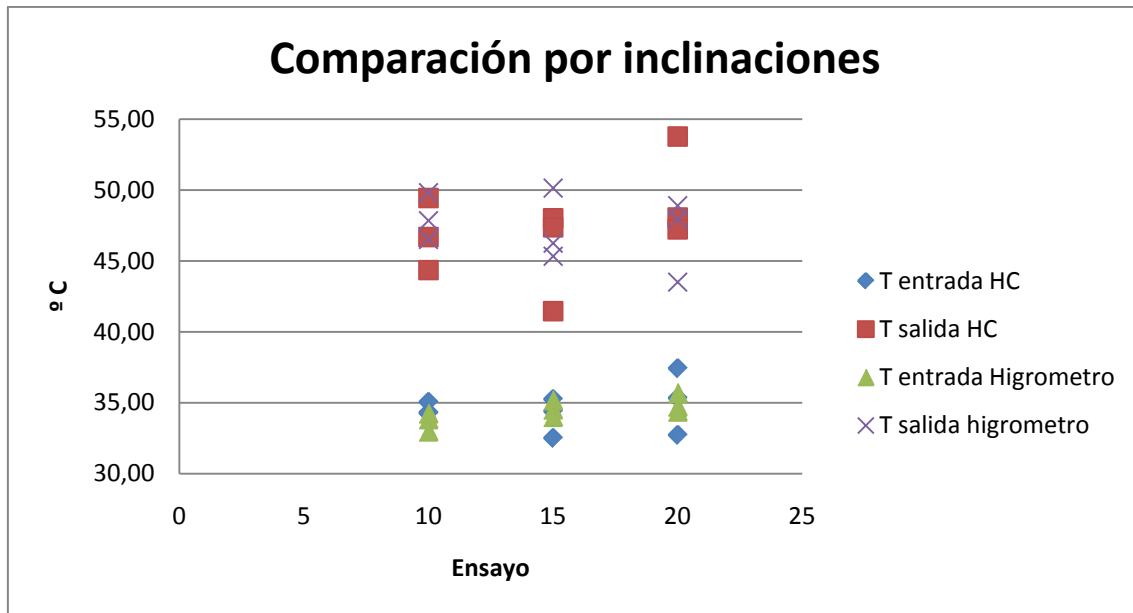


Figura 3.22 Comparación de las medidas de temperatura por inclinaciones

A la vista de las figuras 3.21 y 3.22 los datos parecen bastante consistentes entre sí, ya que no se observa preferencia por ningún sensor en sobreestimar ni en subestimar la temperatura y además su dispersión es similar. Esto nos indica que en principio ambas series de datos son válidas para el experimento, así que ambas medidas serán promediadas.

3.2.1.2.3) Medidas de humedad

Para medir la humedad a la corriente situamos a la entrada y a la salida del colector un higrometro. Teniendo en cuenta que el colector llevaba varias semanas funcionando, hemos de suponer que no hay aporte de agua a la corriente (debido al secado de los materiales con los que está construido el colector, como el cartón y la madera) y que no se observó condensación alguna. Por lo tanto la humedad absoluta debe mantenerse constante a lo largo del colector.

A continuación se muestran en la figura 3.23 los datos de humedad relativa recogidos sobre un diagrama psicrométrico:

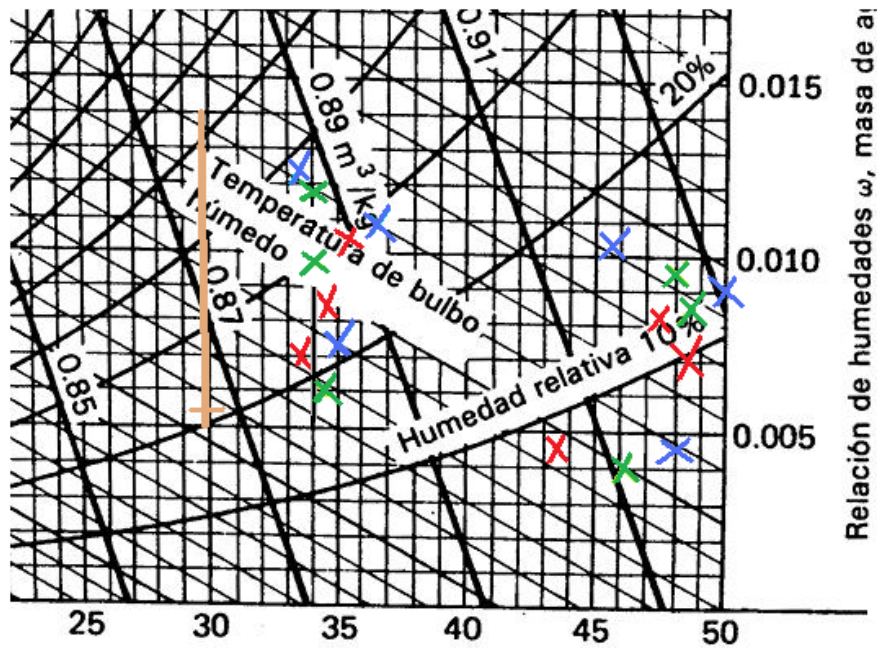


Figura 3.23 Datos de humedad a la entrada y salida sobre el diagrama psicrométrico

El color verde corresponde a una inclinación de 10 °, el rojo a 15° y el azul a 20

Como se puede apreciar en las figuras, los datos de humedad absoluta obtenidos a la salida del colector son sistemáticamente menores a los obtenidos a la entrada. Esto nos muestra una clara tendencia de uno de los higrómetros a sobrevalorar o disminuir la humedad relativa.

Para determinar qué medidas son las correctas nos apoyaremos los datos de la estación meteorológica disponibles. En la figura 3.24 se muestran los datos de humedad relativa ambiental y temperatura de bulbo seco para el día del ensayo. La frecuencia de toma de datos es de 1 medida cada 5 minutos.

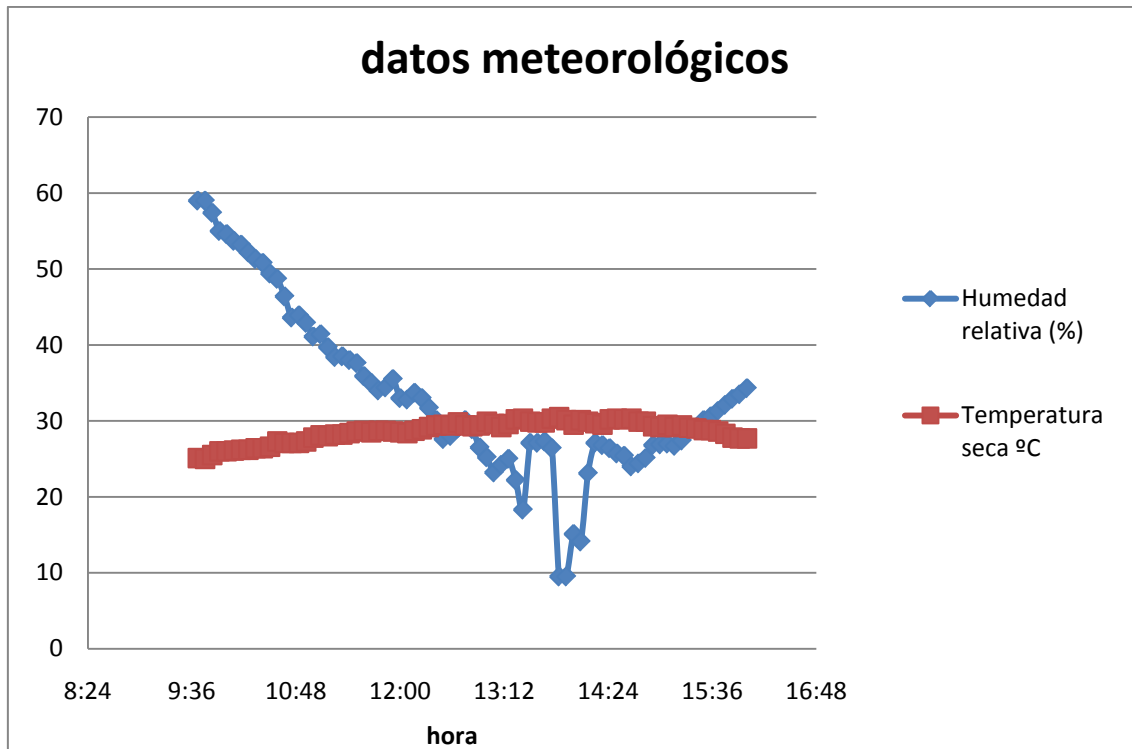


Figura 3.24 Datos de la estación meteorológica del Limon

Como puede apreciarse en la figura 3.24, la inmensa mayoría de los datos de humedad relativa ambiental se mantienen aproximadamente entre el 60% y el 20% a una temperatura de entre 25 y 30°C, dicho rango ha sido marcado con una línea vertical en la figura 3.23. Podemos apreciar que los datos recogidos a la entrada se corresponden mejor a los datos de la estación.

Tan sólo una pequeña cantidad de dichos datos (correspondientes a las cuatro medidas tomadas entre las 13:50 y la 14:10) descienden del 20%, recuperando los valores cercanos al 30% a las 14:25. Estas medidas parecen corresponder mejor a las medidas obtenidas a la salida. Sin embargo hemos de tener en cuenta que estos datos corresponden al último ensayo realizado a 10° (marcado con las dos cruces verdes de menor humedad, 0.006 y 0.0045 a la entrada y la salida respectivamente), cuya duración fue mayor, desde las 13:45 hasta las 14:45.

Si tomamos un promedio de los datos de la estación para ese periodo obtenemos un valor de humedad relativa del 21.35% a una temperatura de 30°C. Este punto ha sido marcado en la figura 3.23 mediante una línea horizontal, y vemos que corresponde mucho mejor a la medida obtenida a la entrada del colector.

Por lo tanto la humedad de la corriente será calculada solamente con los datos arrojados por el higrómetro situado a la entrada del colector térmico.

3.2.2) Resultados para el colector térmico

Una vez analizado el sistema mostramos los resultados obtenidos en el ensayo obtenidos en el colector térmico. Calcularemos mediante el diagrama psicrométrico el volumen específico y la humedad absoluta del aire, datos necesarios para posteriormente calcular el gasto y el rendimiento térmico. Todos los datos mostrados corresponden siempre a la media de todos los datos tomados en un ensayo completo.

3.2.2.1) Presentación de los resultados

En las tablas 3.1, 3.3 y 3.5 se presentan los datos de los sensores, promediando los valores de temperatura a la entrada y a la salida. En las tablas 3.2, 3.4 y 3.6 se muestran los valores de humedad absoluta y volumen específico. También mostramos los puntos respectivos representados en el diagrama psicrométrico en las figuras 3.25, 3.26 y 3.27

RESULTADOS A 10 °

10°	T entrada HC (°C)	T entrada Higrómetro (°C)	T salida HC (°C)	T salida Higrómetro (°C)	Humedad relativa Entrada (%)
1	34,26	33,85	49,44	46,52	34,99
	34,06		47,98		
2	35,06	32,98	46,69	49,82	29,64
	34,02		48,25		
3	34,32	34,25	44,36	47,85	18,69
	34,28		46,10		

Tabla 3.1 Temperatura y humedad medida a 10°

En la tabla 3.1 mostramos un resumen de las temperaturas a la entrada y la salida. Estos valores son los promedios de todos los valores registrados por los sensores.

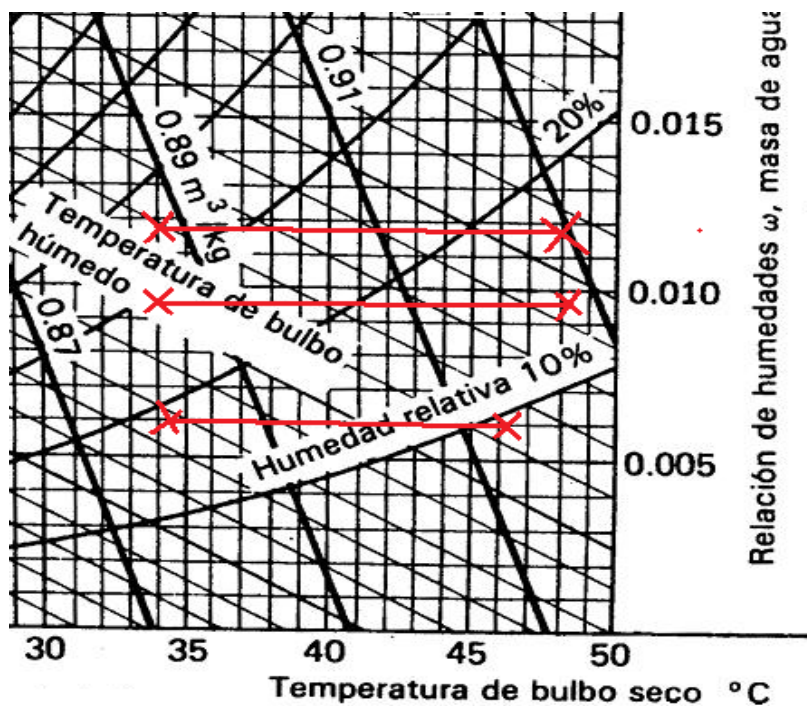


Figura 3.25 Evolución a través del colector a 10°

Como podemos apreciar en la figura 3.25 la humedad relativa a la salida del colector está entre el 10% y el 20%. También podemos apreciar el aumento de temperatura seca hasta cerca de los 50°C.

Medida	1	2	3
Humedad	11,7		
V específico entrada (m^3/Kg)	0,887	0,885	0,88
V específico salida (m^3/Kg)	0,928	0,927	0,915

Tabla 3.2 Humedad absoluta y volumen específico a 10°

En la tabla 3.2 mostramos tanto la humedad absoluta como los volúmenes específicos de la corriente, leídos del diagrama. El valor del volumen específico a la entrada y a la salida nos servirá para calcular el gasto que circula por el colector, ya que el anemómetro nos da valores de velocidad.

RESULTADOS A 15 °

15°	T entrada Hc (°C)	T entrada Higrómetro (°C)	T salida HC (°C)	T salida Higrómetro (°C)	Humedad relativa entrada (%)
1	35,25	35,18	48,01	46,25	30,55
	35,22		47,13		
2	34,40	34,54	47,37	50,14	26,59
	34,47		48,76		
3	32,51	34,01	41,46	45,33	22,58
	33,26		43,40		

Tabla 3.3 Temperatura y humedad medida a 15°

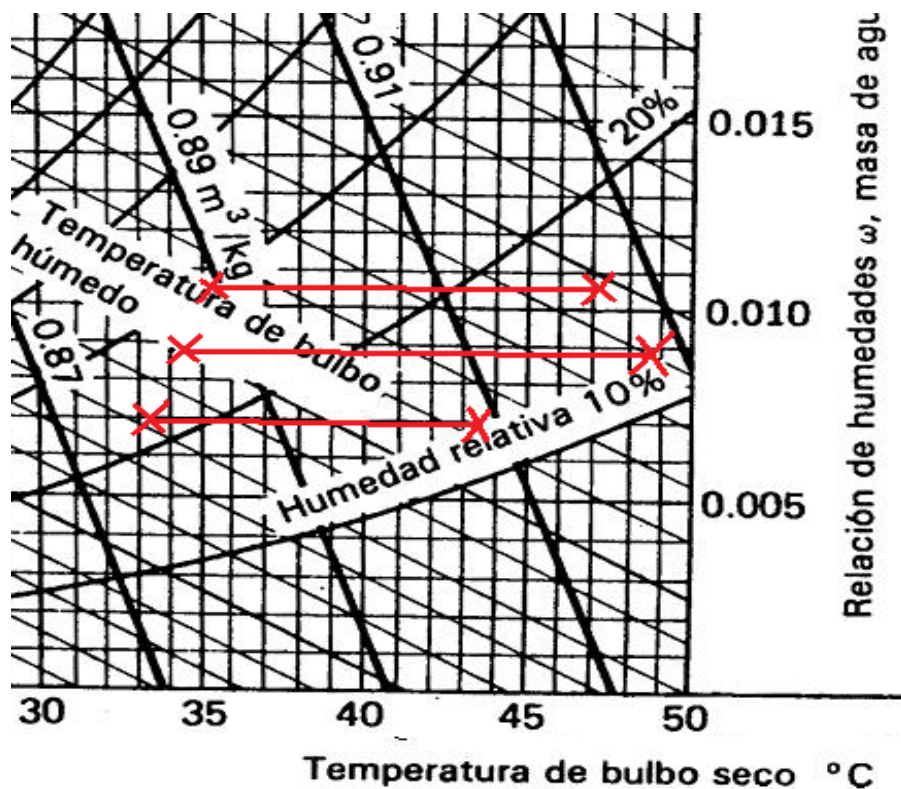


Figura 3.26 Evolución a través del colector a 15°

De nuevo en la tabla 3.2 y en la figura 3.26 mostramos un resumen del estado psicrométrico del aire a la entrada y a la salida para un valor de inclinación de 15°. La figura 3.26 nos muestra como la humedad relativa del aire disminuye mucho al atravesar el secador.

Medida	1	2	3
Humedad			
V específico entrada (m ³ /Kg)	0,889	0,884	0,878
V específico salida (m ³ /Kg)	0,925	0,927	0,908

Tabla 3.4 Humedad absoluta y volumen específico a 15°

De nuevo en la tabla 3.4 mostramos la variación de volumen específico y los valores de humedad absoluta para una inclinación de 15°.

RESULTADOS A 20 °

20°	T entrada Hc (°C)	T entrada Higrómetro (°C)	T salida HC (°C)	T salida Higrómetro (°C)	Humedad relativa entrada (%)
1	32,724	34,738	48,064	43,509	38,92
	33,73		45,79		
2	37,43	35,70	53,78	47,96	28,89
	36,56		50,87		
3	35,339	34,38	47,227	48,90	22,856
	34,86		48,07		

Tabla 3.5 Temperatura y humedad medida a 20°

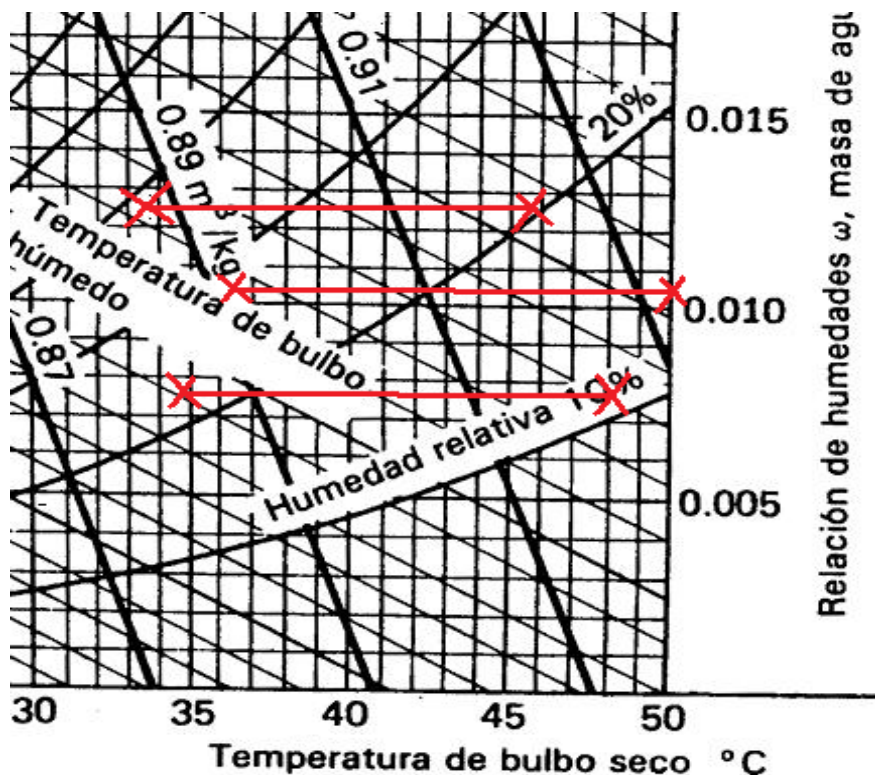


Figura 3.27 Evolución a través del colector a 20°

Medida	1	2	3
Humedad			
V específico entrada (m^3/Kg)	0,887	0,891	0,884
V específico salida (m^3/Kg)	0,923	0,934	0,923

Tabla 3.6 Humedad absoluta y volumen específico a 20°

Finalmente en la tabla 3.5 y en la figura 3.27 podemos observar la evolución del aire al atravesar el colector térmico. En la figura 3.27 podemos ver en uno de los ensayos se supera el 20% de humedad relativa.

3.2.2.2) Cálculo del gasto:

Mediante los sensores de hilo caliente situados a la entrada y salida del secador podemos determinar la velocidad del aire que fluye por él. Como ya dijimos hay que tener en cuenta que tanto las áreas de paso como las densidades a la entrada y la salida son diferentes, por tanto las velocidades medidas serán diferentes.

Para calcular el gasto utilizamos el área de paso correspondiente en cada punto, medida en el secador, calcularemos un gasto a la entrada y otro a la salida para después promediarlos. Para ello utilizaremos la siguiente expresión:

$$G = A \cdot \rho \cdot v \quad [3.1]$$

Debido a que el aire contiene agua, hay que tenerla en cuenta para calcular la densidad del aire, así como la variación de esta con la temperatura. Por lo tanto utilizaremos los puntos situados sobre el diagrama psicrométrico mostrados en las figuras 3.22, 3.23 y 3.24 para determinar la densidad del aire.

Para calcular el gasto necesitamos saber el área de paso del aire, la abertura a la entrada fue realizada con una serie de taladros que finalmente se unieron para abrir dos aberturas rectangulares de 1.5 pulgadas, es decir, 3.81 cm de altura y una longitud total de 92.38 cm. Como se muestra en la figura 3.28. En dicha figura también se aprecia, abajo a la izquierda, el taladro realizado para meter la sonda correspondiente a la entrada. En la figura 3.29 también podemos observar el taladro correspondiente a la salida.



Figura 3.28 Abertura de entrada

Esta entrada de aire divide al colector en dos partes diferenciadas. Las sondas de medición se situaron en la parte central de una de estas mitades, donde los efectos de las paredes son mínimos. Por lo tanto, a efectos del cálculo del gasto, trataremos al colector como dos en paralelo. Calculando el área de paso de una mitad, tal y como se muestra en la figura 3.26.

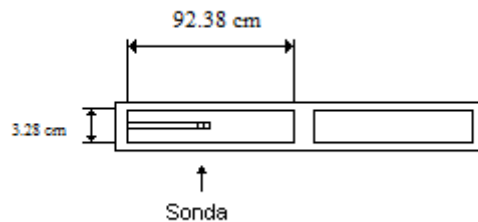


Figura 3.29

Con estos obtenemos un área de paso a la entrada de 303 cm^2 .

Para calcular el área de paso a la salida del secador primero debemos delimitarla. Mirando de frente al secador, el área de salida la delimitan la pared izquierda del colector, su centro geométrico (por la derecha) la placa absorbidora por abajo y la placa de vidrio por arriba. Tal y como se muestra en la figura 3.30.



Figura 3.30 Abertura de salida



Debido a que el aislamiento se realizó mediante cajas de cartón, el fondo del colector es irregular, aunque el peso de la placa absorbidora tiende a igualarlo. Por tanto, la placa de absorbidora está a una distancia diferente de la placa de vidrio según el punto de medida. Para solucionar este problema mediremos en ocho puntos diferentes repartidos a lo largo de toda la longitud. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.7:

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8
Altura	5.2	4.7	4.5	4.1	3.9	3.7	3.6	3.6

Tabla 3.7 Altura de la abertura de salida (cm)

Promediando estos valores y con el resto de las medidas obtenemos un área de paso de 406.26 cm^2 .

Ahora estamos en disposición de calcular el gasto que fluye por el colector en función del ángulo de inclinación, en la tabla 3.8 mostramos los resultados obtenidos a la entrada del colector, en la tabla 3.9 se muestran los valores obtenidos a la salida.

Inclinación	Medida	Densidad (Kg/m ³)	Velocidad (m/sg)	Área (m ²)	Gasto (Kg/sg)	Gasto medio (Kg/sg)
10	1	1,127	1,231	0,0303	0,042	0,035
	2	1,130	0,951	0,0303	0,033	
	3	1,136	0,899	0,0303	0,031	
15	1	1,125	1,462	0,0303	0,050	0,041
	2	1,131	1,190	0,0303	0,041	
	3	1,139	0,942	0,0303	0,033	
20	1	1,127	1,176	0,0303	0,040	0,043
	2	1,122	1,400	0,0303	0,048	
	3	1,131	1,200	0,0303	0,041	

Tabla 3.8 Calculo del gasto e la entrada

Inclinación	Medida	Densidad (Kg/m ³)	Velocidad (m/sg)	Área (m ²)	Gasto (Kg/sg)	Gasto medio (Kg/sg)
10	1	1,078	0,864	0,0406	0,038	0,039
	2	1,079	1,034	0,0406	0,045	
	3	1,093	0,739	0,0406	0,033	
15	1	1,081	1,088	0,0406	0,048	0,043
	2	1,079	1,035	0,0406	0,045	
	3	1,101	0,817	0,0406	0,037	
20	1	1,083	0,728	0,0406	0,032	0,040
	2	1,071	1,036	0,0406	0,045	
	3	1,083	0,968	0,0406	0,043	

Tabla 3.9 Calculo del gasto a la salida

A continuación mostramos en las figuras 3.31 y 3.32 la evolución del gasto másico a la entrada y a la salida en función del ángulo de inclinación.

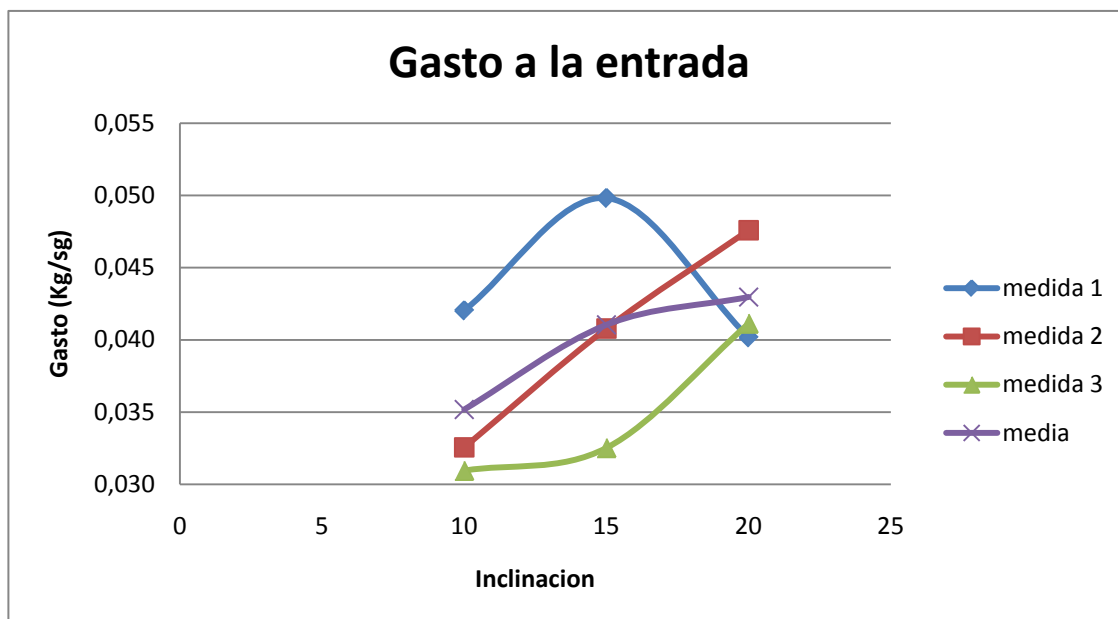


Figura 3.31 Gasto a la entrada en función de la inclinación

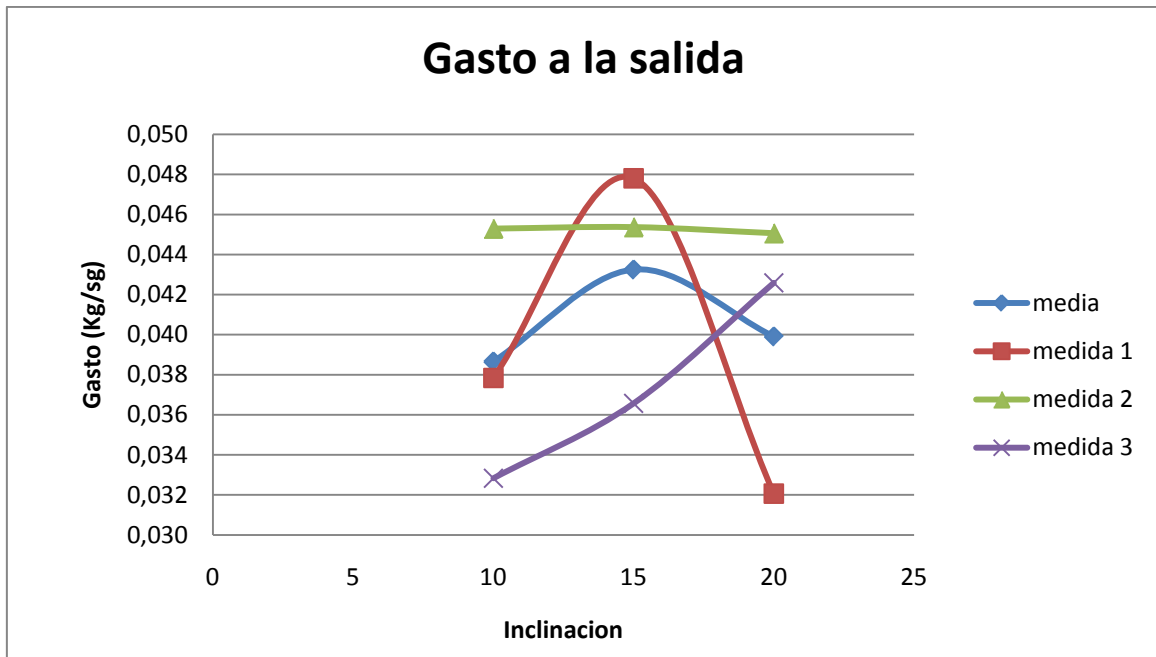


Figura 3.32 Gasto a la salida función de la inclinación

Finalmente en la figura 3.33 combinamos todas las medidas para mostrar la evolución del gasto global que circula por el colector térmico en función de la inclinación.

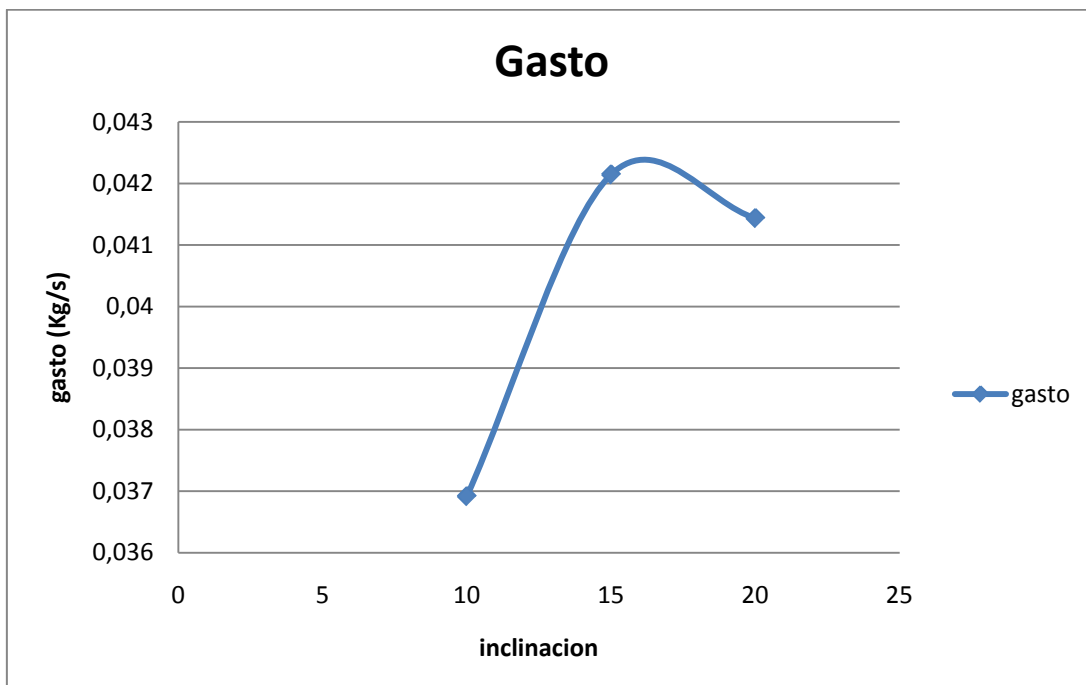


Figura 3.33 Gasto función de la inclinación

3.2.2.3) Cálculo del rendimiento térmico

Para calcular el rendimiento térmico del colector solar realizaremos un balance energético del mismo, como dijimos anteriormente, no se observó ninguna condensación en el colector térmico, lo cual es razonable teniendo en cuenta que es un proceso de calentamiento. Por lo tanto se supondrá que el gasto de vapor de agua y de aire seco es constante a lo largo del colector.

Planteamos el balance de energía para el volumen de control:

$$Q_{abs} = (\dot{m}_{a2} \cdot h_{a2} + \dot{m}_{v2} \cdot h_{v2}) - (\dot{m}_{a1} \cdot h_{a1} + \dot{m}_{v1} \cdot h_{v1}) \quad [3.2]$$

Si se consultan las tablas o el diagrama de Mollier para el agua nos damos cuenta que la entalpía del vapor del agua sobrecalentado a bajas presiones de vapor está muy próxima a la del vapor saturado a la temperatura que se encuentre la mezcla, por tanto puede tomarse el valor de la entalpía del vapor de agua saturado para el vapor sobrecalentado.

Además, sabiendo que:

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad [3.3]$$

$$\dot{m}_v = \dot{m}_a \cdot \omega \quad [3.4]$$

Nos queda la siguiente expresión para calcular el calor absorbido por la corriente de aire a través del colector térmico:

$$Q_{abs} = \dot{m}_a (h_{a2} - h_{a1}) + \omega (\dot{m}_a (h_{v2} - h_{v1})) \quad [3.5]$$

Finalmente debemos obtener el gasto de aire seco de los valores obtenidos anteriormente, ya que el gasto medido por el sensor de hilo caliente es el de la mezcla de aire y agua, lo calcularemos de la siguiente forma:

$$\dot{m} = \dot{m}_a + \dot{m}_v \quad [3.6]$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}}{(1+\omega)} \quad [3.7]$$

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.10

Inclinación	Medida	Gasto (kg/sg)	ω	T ₁ ° C	T ₂ ° C	ha ₁ Kj/Kg	ha ₂ Kj/Kg	h _{v1} Kj/Kg	h _{v2} Kj/Kg	Q _{abs} W
10	1	0,040	0,012	34,06	47,98	307,44	321,44	2563,60	2588,51	563,91
	2	0,039	0,010	34,02	48,25	307,41	321,71	2563,53	2588,99	560,76
	3	0,032	0,006	34,28	46,10	307,67	319,55	2564,01	2585,16	380,43
15	1	0,049	0,011	35,22	47,13	308,61	320,58	2565,69	2586,99	589,00
	2	0,043	0,009	34,47	48,76	307,86	322,21	2564,34	2589,89	622,56
	3	0,035	0,007	33,26	43,40	306,65	316,83	2562,17	2580,35	353,78
20	1	0,036	0,013	33,73	45,79	307,12	319,23	2563,02	2584,60	441,77
	2	0,046	0,011	36,56	50,87	309,96	324,34	2568,11	2593,63	671,39
	3	0,042	0,008	34,86	48,07	308,25	321,52	2565,05	2588,66	558,63

Tabla 3.10 Cálculo del calor absorbido por la corriente

Una vez calculado el calor absorbido necesitamos conocer el valor de la energía incidente en el colector térmico. Para ello contamos con los datos de la estación meteorológica de El Limón, que nos ofrece los datos de radiación global en el plano horizontal. Para tener en cuenta el efecto de la inclinación necesitamos conocer el ángulo de incidencia de los rayos solares, dicho ángulo se calcula mediante la siguiente expresión en un colector solar orientado al sur:

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi \quad [3.8]$$

Siendo θ_z el llamado ángulo cenital, que describe la inclinación de los rayos solares respecto a una superficie vertical. La variable φ es la latitud de la zona, en nuestro caso es la latitud de Estelí, cuyo valor es 13,28° Norte. La variable δ es la declinación, cuyo valor para el día del ensayo (18 de diciembre) es -23,43°.

El ángulo ω es el ángulo que forma el sol con la dirección sur, que variara de un experimento al otro a razón de 15° por hora. A las 12 del mediodía hora solar dicho ángulo tiene un valor nulo, es negativo antes de las 12 y positivo después. En la tabla 3.11 se muestran el ángulo horario y cenital correspondientes a cada ensayo.

Inclinación	10 °	10°	10°	15°	15°	15°	20°	20°	20°
Medida	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Angulo horario $\omega(^{\circ})$	-20.10	3.75	33.75	-15	12	41.25	-30	-6	22.50
Angulo cenital $(^{\circ})$	41.661 8	36,91	49,38	39,55	38,56	54,56	47,01	37,20	42,82

Tabla 3.11 Angulo cenital y horario para cada ensayo

En la figura 3.34 representamos el complementario al ángulo cenital, es decir, la altura solar en grados, con respecto a cada ensayo. En este caso los ensayos están ordenados cronológicamente para dar una idea de la trayectoria del sol en el horizonte mostrando la posición del sol para cada ensayo.

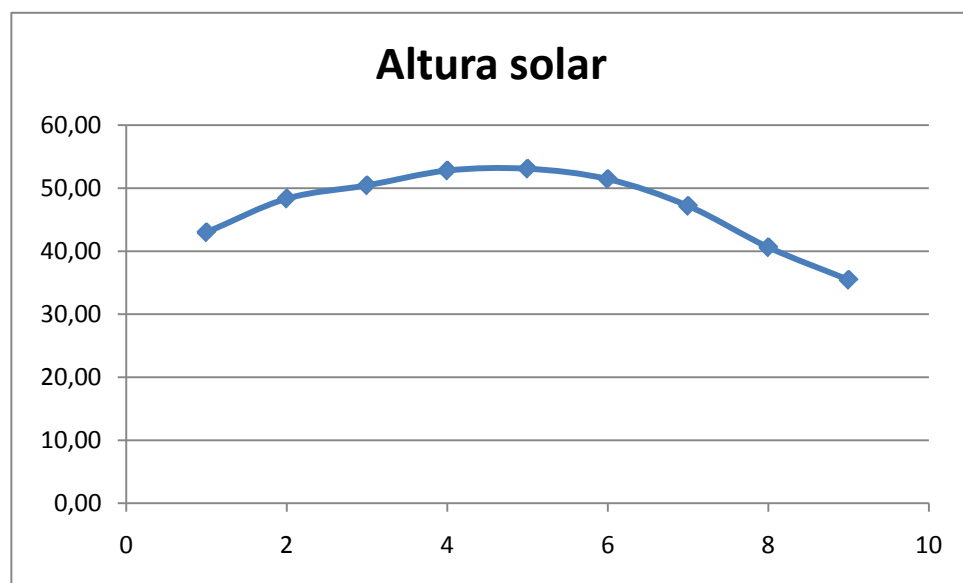


Figura 3.34 Altura solar para cada ensayo (°)

El ángulo de incidencia con respecto a una superficie inclinada un ángulo β es la diferencia entre el ángulo cenital y dicho ángulo de inclinación.

$$\theta = \theta_z - \beta \quad [3.9]$$

Conocido el ángulo de incidencia en la superficie inclinada y la radiación incidente en la superficie horizontal podemos calcular la cantidad de radiación incidente en el plano inclinado mediante la siguiente expresión:

$$I_t = I_n \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad [3.10]$$

Ahora que podemos calcular la energía incidente y disponemos de la energía que absorbe al corriente podemos calcular el rendimiento del colector térmico.

hemos de tener en cuenta que al variar la inclinación del mismo varían tanto la radiación interceptada, como los coeficientes de convección dentro del colector y la fuerza de impulsión, ya que tenemos un flujo natural.

Los resultados se muestran en la tabla 3.11

Inclinación	Medida	Q_{abs} W	I_n W	I_t W	η_t	η_t medio
10	1	563,91	859,16	978,84	0,576	0,540
	2	560,76	928,25	1035,22	0,542	
	3	380,43	638,19	757,71	0,502	
15	1	589,00	920,97	1086,43	0,542	0,552
	2	622,56	879,84	1031,39	0,604	
	3	353,78	521,89	693,87	0,510	
20	1	441,77	788,35	1030,06	0,429	0,519
	2	671,39	962,90	1154,78	0,581	
	3	558,63	812,87	1021,44	0,547	

Tabla 3.11 Cálculo del rendimiento

En la figura 3.35 podemos ver los rendimientos para cada inclinación en función de la medida tomada. La segunda medida es la más cercana al mediodía, la primera se tomó antes del mediodía y la tercera después.

En la figura 3.36 combinamos todos los datos en una gráfica que muestra la evolución del rendimiento con la inclinación del colector.

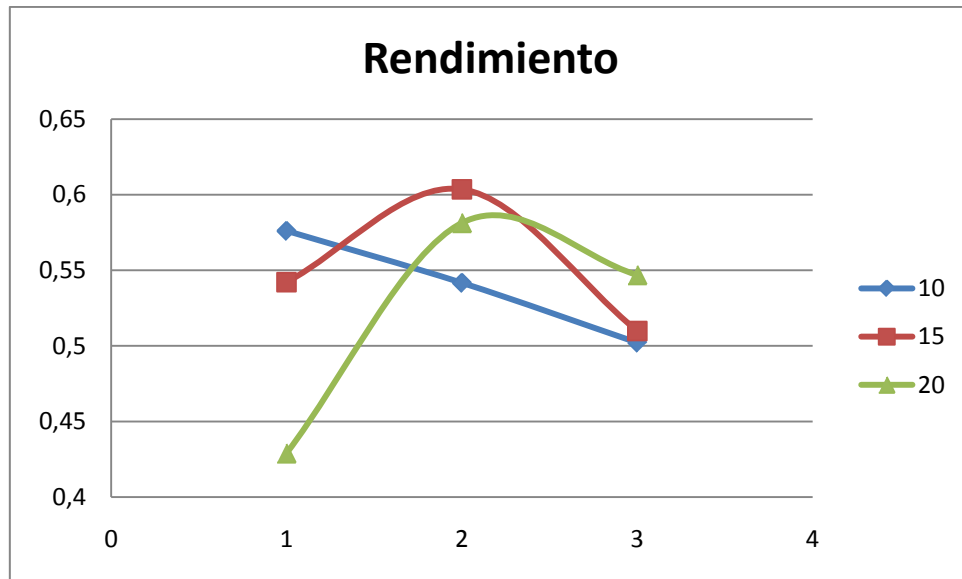


Figura 3.35 Rendimiento por inclinación y ensayo

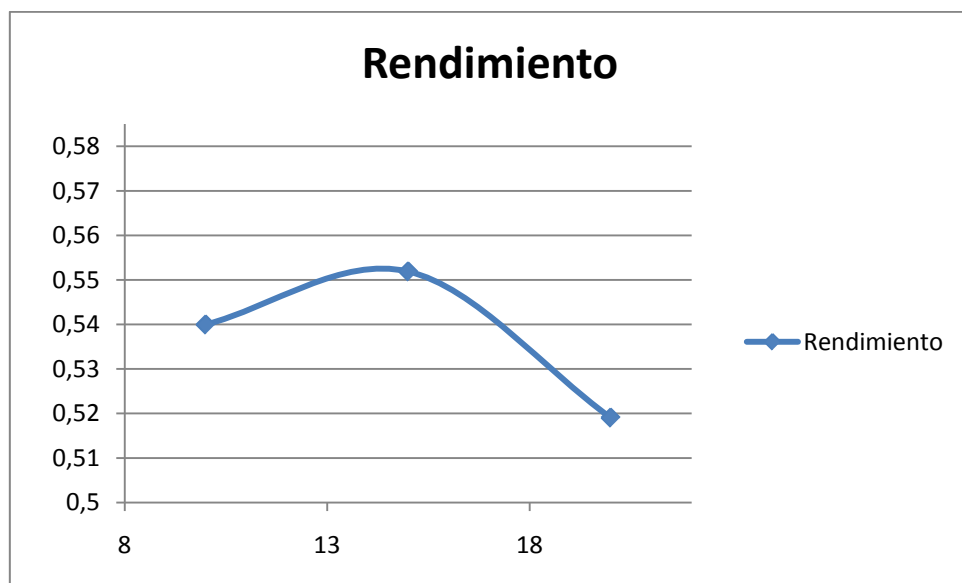


Figura 3.36 Rendimiento por inclinación

Como podemos apreciar en la figura 3.36 el rendimiento del colector es muy elevado, debido principalmente a que el aire de su interior no se calienta demasiado (como mucho a unos 51° C).

3.2.3) Resultados para el secador completo

En este apartado mostraremos la evolución de la corriente a través de todo el secador, incluyendo su paso por la cámara de secado. De esta forma conoceremos el estado higroscópico del aire durante todo el proceso de secado. El sistema de medidas utilizado es el indicado en el apartado 3.2.1

A continuación mostramos los resultados en la tabla 3.12

Inclinación	T entrada colector °C	H entrada colector %	T entrada cámara °C	H entrada cámara %	T salida cámara °C	H salida cámara %
10	34,28	18,69	46,10	9,5	49,12	17,52
15	33,26	22,58	43,4	13,7	47,12	18,76
20	33,73	38,92	48,064	20,5	48,17	27,68

Tabla 3.12 Evolución de humedad y temperatura a través del secador

En La figura 3.37 mostramos la evolución de las tres inclinaciones en el diagrama psicrométrico. El punto 1 corresponde a la entrada al colector, el punto 2 a la salida del colector/entrada cámara de secado y el punto 3 a la salida de la cámara de secado.

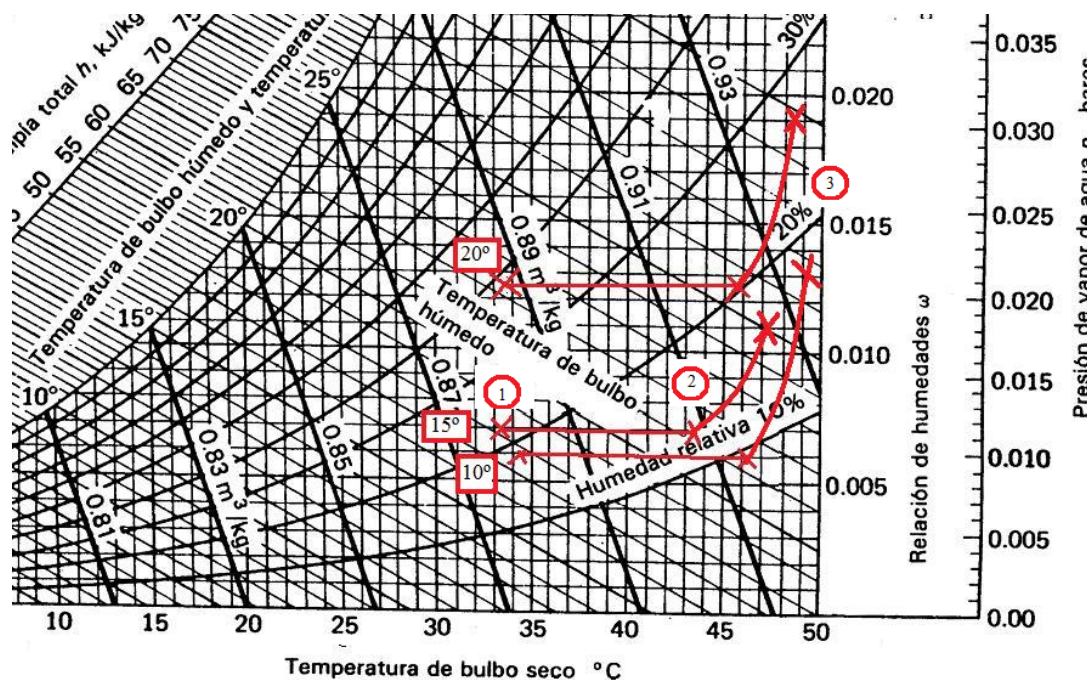


Figura 3.37 Evolución de humedad y temperatura a través del secador



En la figura 3.37 vemos los diferentes procesos por los que pasa la corriente de aire. En el proceso 1-2 el aire atraviesa el colector calentándose manteniendo constante su humedad absoluta, en el proceso 2-3 el aire atraviesa la pila de madera cargándose de humedad.

También observamos el efecto del aporte directo de radiación solar. Si no existiera dicho aporte de energía (como sucedería en un secador indirecto) la temperatura disminuiría ya que la evaporación del agua que sucede durante el secado consume energía que absorbe de la corriente del aire. Este efecto es beneficioso por dos motivos:

- a) Realizamos un aporte extra de energía que acelera el proceso de secado y mantiene la temperatura elevada al tiempo que aumenta la humedad del aire.
- b) Al aumento de temperatura mejora la circulación natural del aire a través de la cámara de secado. si la temperatura de salida disminuyese el flujo de aire se ralentizaría, empeorando la ventilación de la cámara



Capítulo 4

Ensayos de secado

En este apartado describiremos los ensayos de secado realizados, estos ensayos nos permitirán la efectividad del secador solar y también podremos compararlo con los ensayos realizados en los hornos, los cuales funcionan las 24 horas del día.

Empezaremos describiendo las maderas que vamos a utilizar en los ensayos y posteriormente mostraremos los resultados tanto del secador solar como de los hornos

4.1) Características de las maderas utilizadas

4.1.1) Pino Caribe

El Pino el Caribe es una especie de conífera muy extendida en las zonas tropicales y subtropicales de Centroamérica. Crece muy rápido y en suelos muy pobres, y es la variedad mas difundida en los trópicos. . En Nicaragua se extiende desde las extensas sabanas de la frontera su límite Sur en la angosta faja costera entre Laguna de Perlas y el Océano Atlántico. Es decir, por la franja de clima tropical situada en las Regiones Atlánticas



Es un árbol de tronco recto y cilíndrico con alturas de 25-35 m, ocasionalmente hasta 45 m y puede alcanzar los 100 cm de diámetro. Cuenta con una corteza fisurada color café grisáceo. Follaje verde claro, rígido y erecto. Madera con albura de color gris pálido, duramen amarillo pálido; textura fina; grano recto; superficie medianamente lustrosa; olor agradable resinoso; sabor no característico.

Posee una densidad media, contracción volumétrica total baja (8.871) con una relación de contracciones normal (1.728); sus propiedades mecánicas se clasifican de muy baja a medianas; seca al aire a una velocidad moderadamente lenta, desarrollando defectos moderados (grietas, arqueadura y abarquillado)

Sus usos más comunes suele ser en construcciones livianas, revestimientos, muebles, ebanistería, carpintería, artículos torneados, postes para líneas de transmisión eléctrica y telefónica (tratados), pulpa, papel y artesanías

Fácil de tratar con soluciones preservantes en albura y moderadamente tratable en duramen; moderadamente fácil de trabajar con herramientas manuales y maquinaria

Además el pino del caribe cuenta con canales resiníferos internos generalmente 2 a 3. Esto hace se utilice no solo como fuente de madera, sino también como productor de resina. De su resina se pueden extraer productos como pinturas, barnices, plásticos, aceites, gomas, resinas sintéticas, productos químicos y farmacéuticos.

4.1.2) Granadillo

Esta especie de árbol es originaria de la zona intertropical americana desde México hasta Colombia y Venezuela. Suele desarrollarse en bosque tropical húmedo, pudiendo crecer en terrenos de origen volcánico como calcáreos, siempre que sean profundos y ricos en materia orgánica.

Es común que a las maderas con veteado entrelazado desde el amarillo-rojizo-negro se identifiquen mas por el aspecto de la tabla ya terminada que por el árbol del cual provienen. Debido a esto conoce como Granadillo, a maderas procedentes de diversos árboles como el Cocobolo y otras.

Árbol de 40 metros de altura, 90 cm de diámetro, copa umbelada, follaje verde oscuro y denso, ramas grandes fuste recto cilíndrico. Su madera es rojiza, dura, de alta durabilidad y de un veteado especial si se corta de manera adecuada.

Esta madera especialmente indicada para la fabricación de piezas que deben resistir un uso intenso y prolongado, como cubiertos, platos, construcción de embarcaciones y, principalmente, instrumentos musicales



4.1.3) Cedro Macho

El Cedro macho es un árbol que se encuentra principalmente en América central (sobre todo en Panamá), en la cuenca del Amazonas y en Brasil, donde está más extendido.

Pueden alcanzar un tamaño de hasta 40 m de altura en la cuenca del Amazonas. Su madera es de un alto valor comercial, de duramen de color parduzco. Sus pobres propiedades y su madera fácil de trabajar lo hacen ideal para la ebanistería.

Su fruto es una nuez de cuatro lados parecida a la castaña, de la cual se extrae un aceite, con algunas propiedades medicinales muy valorada comercialmente. Sus principios activos son los alcaloides (carapina a andirobina), taninos (12%), aceite esencial, estearina, oleína, margarina.

Tiene propiedades medicinales, este aceite es astringente, antidiarreico, vermífugo, tónico, febrífugo, insectífugo, enfermedades de la piel y reumatismo. Antiséptico, antiinflamatorio, emoliente, cicatrizante.

Este aceite también tiene usos industriales, tales como la iluminación y fabricación de jabón. Incluso puede usarse como insecticida.

4.1.4) Cedro Real

Esta especie es originaria de América donde se extiende desde México hasta Argentina, encontrándose también en Las Antillas. En Nicaragua se le encuentra por todo el país alcanzando sus mayores dimensiones, en el Bosque Húmedo Tropical del Atlántico.

Para crecer este árbol necesita temperaturas templadas, de 24°C o mayores. En cuanto a la pluviosidad no es tan exigente, pudiendo crecer en climas secos a muy húmedos con precipitaciones que oscilan entre 1200 y 3000 mm anuales. Además, se adapta a una gran variedad de suelos, principalmente bien drenados.

Es un árbol de fuste recto, bien formado que alcanza alturas de 12 a 30 metros, ocasionalmente 40 m y diámetros de 60 cm a 1.5 m, eventualmente mayores. Su corteza externa suele encontrarse fisurada, de color gris claro a castaño, con fuerte olor a ajo y sabor amargo.

Posee madera con albura de color pardo amarillento claro levemente rosáceo y duramen beige rosáceo, superficie brillante y lisa al tacto, olor aromático y sabor amargo.

Sus propiedades mecánicas se clasifican de muy bajas a bajas clasificándose como madera estructural del grupo C. Es fácil de tratar con productos preservantes.

En albura y difícil de tratar en duramen, se trabaja fácilmente y se obtienen excelentes acabados.

Es la madera por excelencia para la ebanistería y carpintería muy fácil de trabajar y no sufre torceduras aún que se trabaje húmeda. Tiene un excelente mercado internacional comparable con la Caoba. Además es la especie preferida de la demanda nacional en Nicaragua y se pagan los mejores precios por esta madera.

Sus principales usos son la fabricación de muebles finos, ebanistería, madera torneada y cajas para la exportación de puros de tabaco fino.

Por todos estos motivos es una madera que ha sido siempre sobreexplotada en Nicaragua, De ahí la importancia de promoverla como especie de reforestación a fin de motivar a los silvicultores a establecer plantaciones industriales con esta especie

4.2) Ensayos en el secador solar

En este apartado mostraremos los resultados obtenidos del ensayo de distintas maderas en el secador solar, a fin de poder comprobar cuál es su efectividad secando madera. Posteriormente se compararan con los resultados obtenidos de los ensayos en los hornos bajo condiciones controladas.

4.2.1) Descripción del sistema de medida

Para determinar la velocidad de secado pesamos las muestras a intervalos regulares de tiempo. En este caso, dada la longitud de los ensayos pesábamos 2 veces al día, una antes y otra después del mediodía.

Disponíamos de 3 balanzas, que se pueden apreciar en las figuras 4.1 y 4.2,



Figura 4.1 Balanzas analógicas disponibles

En la figura 4.1 vemos las dos balanzas analógicas, la de la derecha fue utilizada para medir las muestras más ligeras, tenía un límite de 300 gramos y una precisión de 0,01 gramos.

La de la izquierda podía pesar hasta 10 kg, pero tenía una precisión de 5 gramos. El principal inconveniente es que era muy difícil medir con ella correctamente, ya que había que calibrarla constantemente y si no se calibraba con precisión obteníamos medidas incorrectas. así que sólo se utilizó en las muestra de más de 2 kg (que era el límite de la balanza digital) y posteriormente fue sustituida completamente por otra balanza digital de 1 gramo de precisión y 5 kg de masa máxima.



Figura 4.2 Balanza digital

En la figura 4.2 Podemos apreciar la primera balanza digital disponible, que resultó de gran utilidad. Tena una precisión de 2 gramos y una masa máxima de 2 kg. Se dejó de utilizar por la llegada de otra balanza digital de mayor calidad (1 gramo de precisión y 5 kg de masa máxima)

Además, utilizamos un medidor de humedad superficial PCE-333, detallado en los anexos. Dicho medidor se utilizó para apoyar las medidas tomadas con la balanza analógica de 10 kg, dada la dispersión que ofrecían sus medidas.

Para la determinación de la cantidad de humedad presente en las muestras se procedió como dicta la norma UNE-CEN/TS 14774-1 EX mediante el método de secado en estufa.

Este método consiste en trocear una muestra de la madera cuya muestra se desea determinar. La masa de la muestra debe ser como mínimo de 300 gramos, aunque es preferible que sea mayor de 500. A continuación se seca la muestra en un horno a una temperatura constante de 105 ± 2 °C hasta conseguir un peso constante. Se recomienda que esta operación no exceda las 24 horas de duración para limitar la pérdida de elementos volátiles.

En la figura 4.3 se muestra una de las muestras ensayadas antes de ser introducida en el horno.



Figura 4.3 Troceado de la madera para el ensayo en estufa

4.2.2) Ensayos realizados en Pino

En este primer ensayo se utilizó la báscula analógica de 10 kg de capacidad para todas las pesadas.

Debido a su menor precisión y a la dificultad para encontrar una superficie plana y estable donde apoyarla en el exterior (donde se encuentra el secador), lo que era fundamental para la correcta calibración de la báscula, los resultados obtenidos de en las pesadas ofrecen una gran dispersión. Por lo tanto utilizaremos también mostraremos las medidas tomadas con el medidor de humedad.

Aunque las medidas de humedad superficial son en general menos exactas que las pesadas, se tomaron medidas en varios puntos de la pieza para reducir en la medida de lo posible este inconveniente.

4.2.2.1) Muestra 1

Todas las tablas de esta muestra tienen un espesor de 1 pulgada y 33 cm de anchura y sus longitudes son:

- Tabla A: 2.54 cm de espesor y 188.82 cm de longitud.
- Tablas B y D: 2.54 cm de espesor y 45 cm de longitud.
- Tablas C y E: 2.54 cm de espesor y 60 cm de longitud.

Podemos ver los resultados de humedad para primera muestra en la figura 4.4

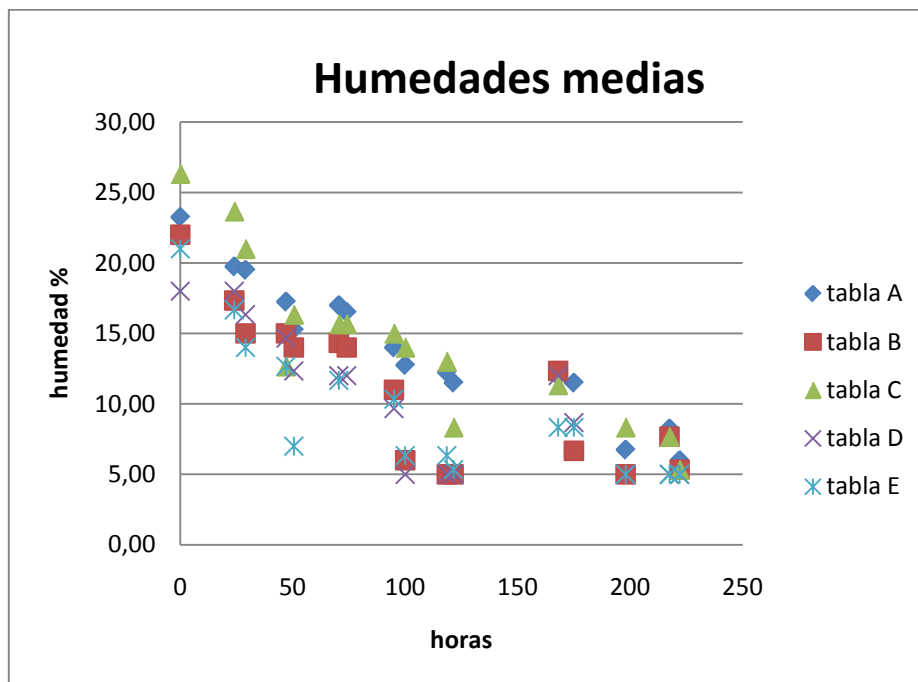


Figura 4.4 Humedades medias de la muestra 1 de pino

Pese a las dificultades con la balanza, en la figura 4.5 también se puede apreciar que la humedad de equilibrio se alcanza al cabo de unas 125 horas. Con un valor aproximado del 10%.

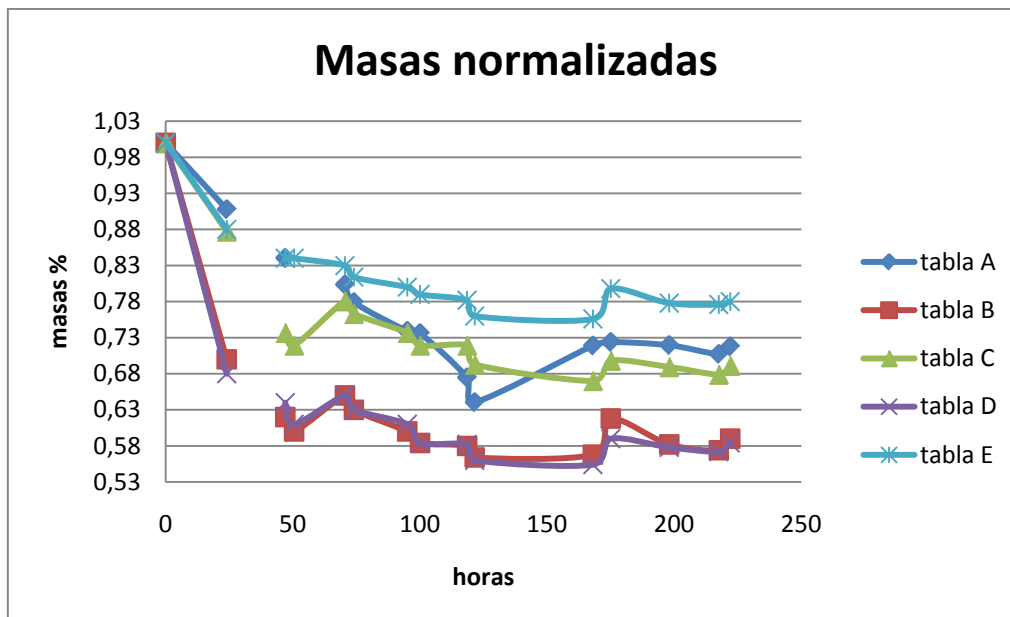


Figura 4.5 masas normalizadas de la muestra 1 de pino

A continuación agrupamos las muestras en función de sus geometrías en las figuras 4.6 y 4.7

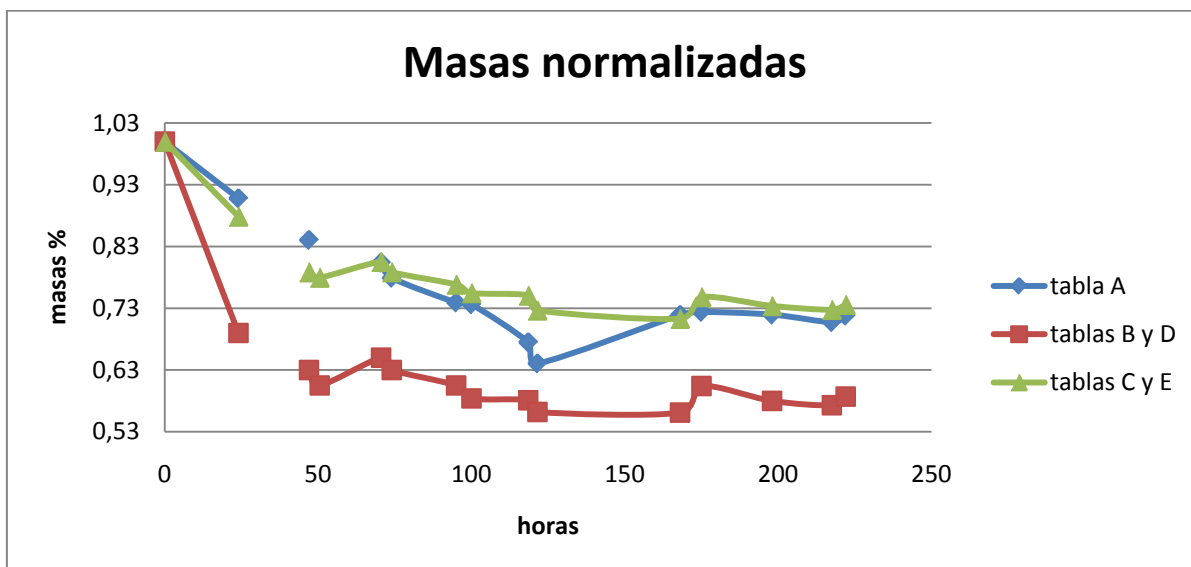


Figura 4.6 masas normalizadas de la muestra 1 de pino por geometrías

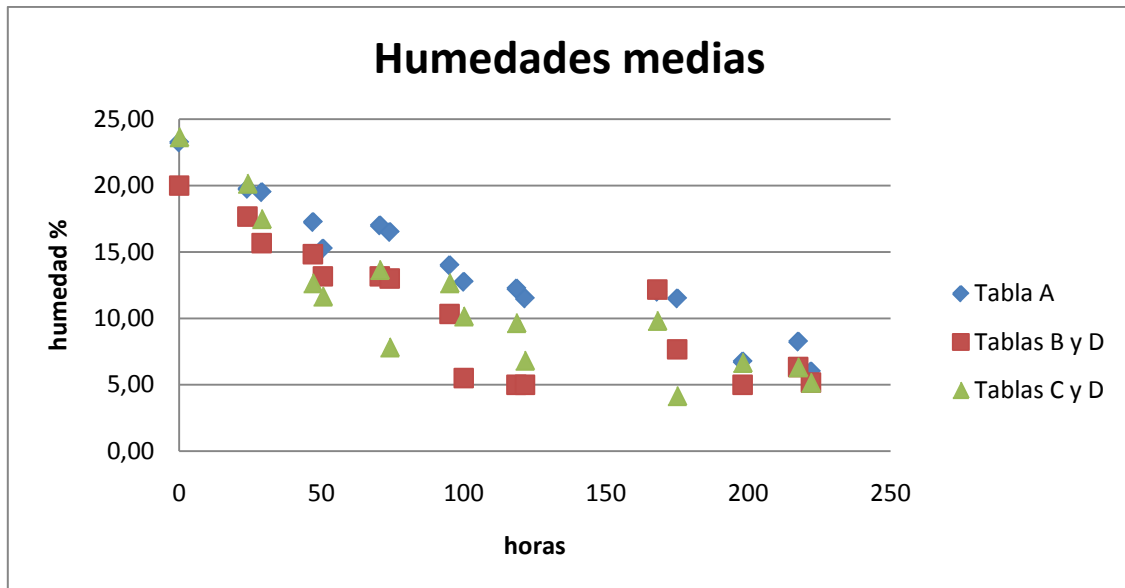


Figura 4.7 humedades medias de la muestra 1 de pino por geometrías

En la figura 4.6 podemos ver una reducción de peso mucho mayor en las tablas de 45 cm de longitud que en el resto, este efecto es debido posiblemente a que las muestras de 45 cm fueron cortadas de la mitad de la pieza de madera de 12 pies original, donde posiblemente el contenido de humedad es mayor. Por tanto al normalizar las masas alcanza una humedad de equilibrio inferior y seca más deprisa.

Sin embargo esta diferencia no se ve confirmada por las medidas de humedad superficial, detalladas en la figura 4.7. Esta aparente contradicción se debe a que la tabla de madera original, de la que obtuvimos las muestras, fue comprada en un aserradero recién cortada. Durante el proceso de corte del tronco en tablas se rocía agua sobre la sierra para enfriarla y el resultado es que las tablas salen empapadas en agua, es decir, las capas superficiales de todas las tablas están saturadas de agua y por eso la disminución de humedad superficial de todas ellas es muy similar.

4.2.2.2) Muestra 2

En esta muestra y en las siguientes se utilizó la balanza digital, por lo tanto sólo se emplearan las pesadas para caracterizar el proceso de secado, dada su mayor exactitud. Además estas muestras se pusieron apoyadas en uno de sus cantos para mejorar la calidad del secado.

La geometría de las muestras también es diferente de la anterior, hay dos geometrías diferentes:

- Tablas de 60 cm de longitud, 2,54 cm de espesor y 33 cm de anchura.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- La humedad inicial de la muestra es del 28,3%.

La evolución del secado se muestra en las figuras 4.8 y 4.9:

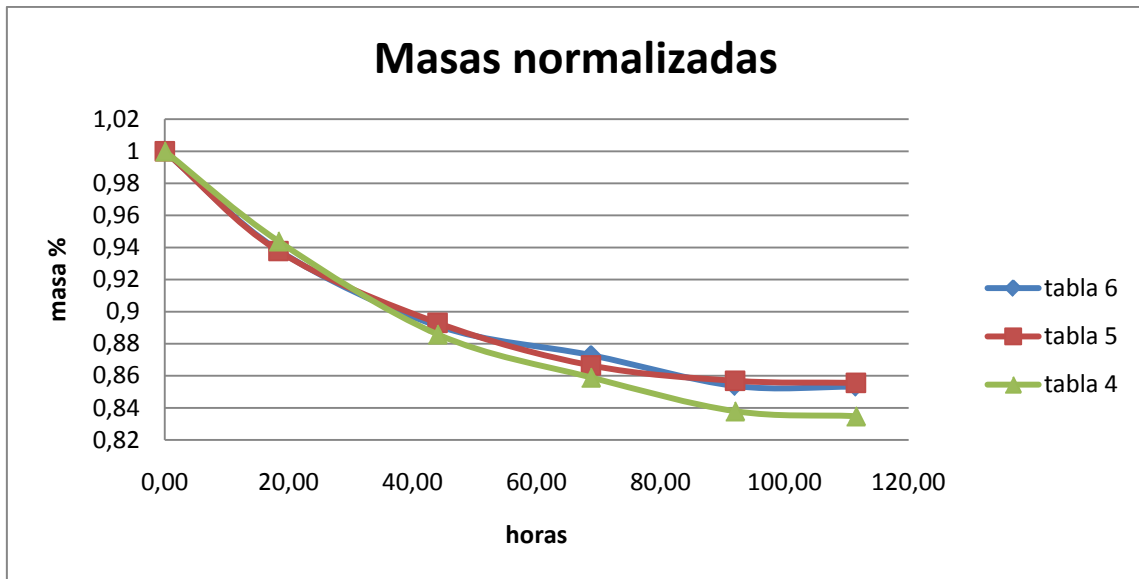


Figura 4.8 Secado de las tablas de la muestra 2 de pino

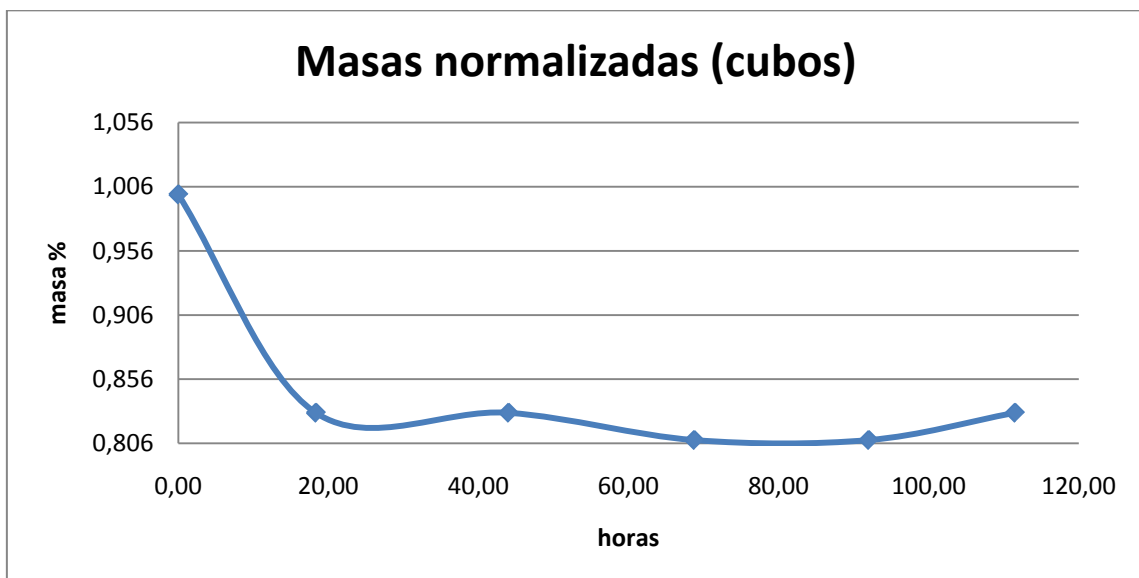


Figura 4.9 Secado de los cubos de la muestra 2 de pino

En estas muestras se puede apreciar claramente la curva de secado hasta el equilibrio, alcanzado al cabo de unas 100 horas de secado en las tablas y en unas 20 en los cubos. Esta diferencia sin duda viene causada porque, como se dijo en la sección 2.1.7.2, La circulación en dirección longitudinal es muy superior a la circulación en dirección radial, que es la que domina en las tablas dada su geometría.

Este efecto es muy importante en los cubos de 1 pulgada ya que su tamaño es muy pequeño. Por este motivo, como podemos apreciar en la figura 4.9, la velocidad de secado es muy rápida, reduciendo su masa al 80% del peso original en apenas un día.

En la tabla 4.1 mostramos las humedades finales.

muestra	Tabla 6	Tabla 5	Tabla 4	Cubos
Humedad final %	15,95	16,19	14,10	13,58

Observamos que la humedad final de las tablas es inferior al 18%, un nivel aceptable para su uso comercial. Dicha humedad se alcanza en un periodo inferior a 100 horas.

4.2.3) Ensayos realizados en Cedro Macho

Afortunadamente, se pudieron encontrar tablas de cedro macho de 2 pulgadas de espesor, por lo que se pudo ensayar con una mayor variedad de geometrías:

- Tablas de 5,08 cm de espesor, 30 cm de anchura y 20,32 cm de longitud.
- Tablas de 2,54 cm de espesor, 30 cm de anchura y 20,32 cm de longitud.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- Cubos de 5,08 cm de arista.
- La humedad inicial de la muestra es del 31%.

Además también separamos las muestras entre las que recibían radiación directa del sol y las que estaban a la sombra.

A continuación se muestran en la figura 4.10 los resultados obtenidos agrupando todas las muestras por tamaños:

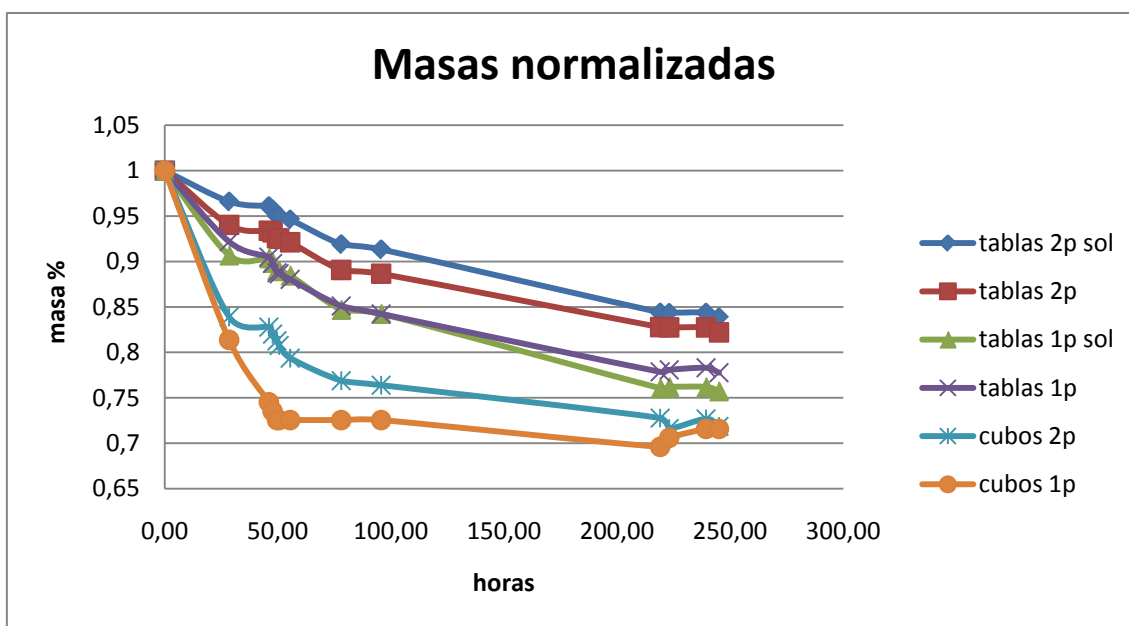


Figura 4.10 Secado de Cedro Macho por geometrías



En esta la figura 4.10 se aprecian varios efectos interesantes:

- Podemos apreciar que la influencia de la radiación directa es pequeña. Es decir, aunque en el apartado 3.2.3) vimos que el aporte de energía de la radiación directa tiene gran influencia en la evolución del aire a través de la cámara, este efecto se siente en toda la cámara de secado, es decir, mejora el proceso de secado de todas las piezas.

Sin embargo nosotros diferenciamos sobre las que incidía directamente el sol de las que no, y entre estos dos grupos no se observa una diferencia apreciable. En las tablas de 2 pulgadas se observa que la pendiente de las expuestas al sol es ligeramente más descendente. En las tablas de una pulgada el efecto se ve con mayor claridad, en este caso las tablas de 1 pulgada que están al sol llegan a adelantar a las que están a la sombra.

- También podemos ver que la velocidad de secado de los cubos es mayor, como hemos dicho esto es debido a la mayor circulación en dirección longitudinal.
- En cuanto a las tablas de 1 pulgada vemos que también secan más rápido. Esto es debido a dos factores: primero que, como vimos en sección 2.1.7.2, el tiempo de secado es directamente proporcional al cuadrado del espesor, luego las tablas finas secan a mayor velocidad.
- También hay que tener en cuenta que las tablas de cedro llevaban mucho tiempo almacenadas, por lo que la humedad en el interior era superior que en el exterior. Dado que las tablas de 1 pulgada fueron obtenidas cortando a lo largo tablas de 2 pulgadas se deja expuesta una superficie con alto contenido en humedad, acelerando el secado frente a las de 2 pulgadas.

Finalmente, mostramos en la tabla 4.2 las humedades finales de las muestras después de permanecer 250 horas en el secador solar:

Muestra	Tablas 2p sol	tablas 2p	tablas 1p sol	tablas 1p	cubos 2p	cubos 1p
Humedad final%	16,76	16,04	8,57	10,81	4,13	3,59

Tabla 4.2 Humedades finales obtenidas en Cedro Macho



Como podemos observar en la tabla 4.2 pasamos de una humedad inicial del 31% (prácticamente en el punto de saturación de las fibras) a una humedad inferior al 18%, valor en el cual ya puede ser utilizada. Además, las tablas de 1 pulgada de espesor están en humedades inferiores al 10 %, por lo que ya no tendría sentido prolongar el secado dado que en Estelí la humedad de equilibrio higroscópico está entre el 10% y el 12% de día y más del 15% por la noche

Por tanto podemos considerar que las muestras de cedro macho han completado un proceso de secado completo en un periodo de 250 horas. Hemos de señalar que las tablas expuestas al sol alcanzaron el 18% de humedad en tan sólo 93 horas.

4.2.4) Ensayos realizados con Cedro Real

Con el cedro real se ensayaron 2 conjuntos de muestras diferentes, con un nivel de humedad similar y muy elevada (44% y 46% respectivamente). Algunas de las tablas fueron puestas también sobre uno de sus cantos para comparar el efecto que tiene esta acción sobre la velocidad de secado. Las diferentes geometrías ensayadas para cada muestra son:

Muestra 1: se usaron las mismas geometrías que en el ensayo de cedro macho:

- Tablas de 5,08 cm de espesor y 20,32 cm de longitud.
- Tablas de 2,54 cm de espesor y 20,32 cm de longitud.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- Cubos de 5,08 cm de arista.
- La humedad inicial de la muestra es de 44,12%

Muestra 2: debido a las limitaciones de tamaño sólo se pudieron obtener las siguientes geometrías:

- Tablas de 4,06 cm de espesor y 10,16 cm de longitud.
- Tablas de 2 cm de espesor y 10,16 cm de longitud.
- La humedad inicial de la muestra es de 46,36 %.

En la figura 4.11 se muestran los resultados agrupando las tablas por geometrías

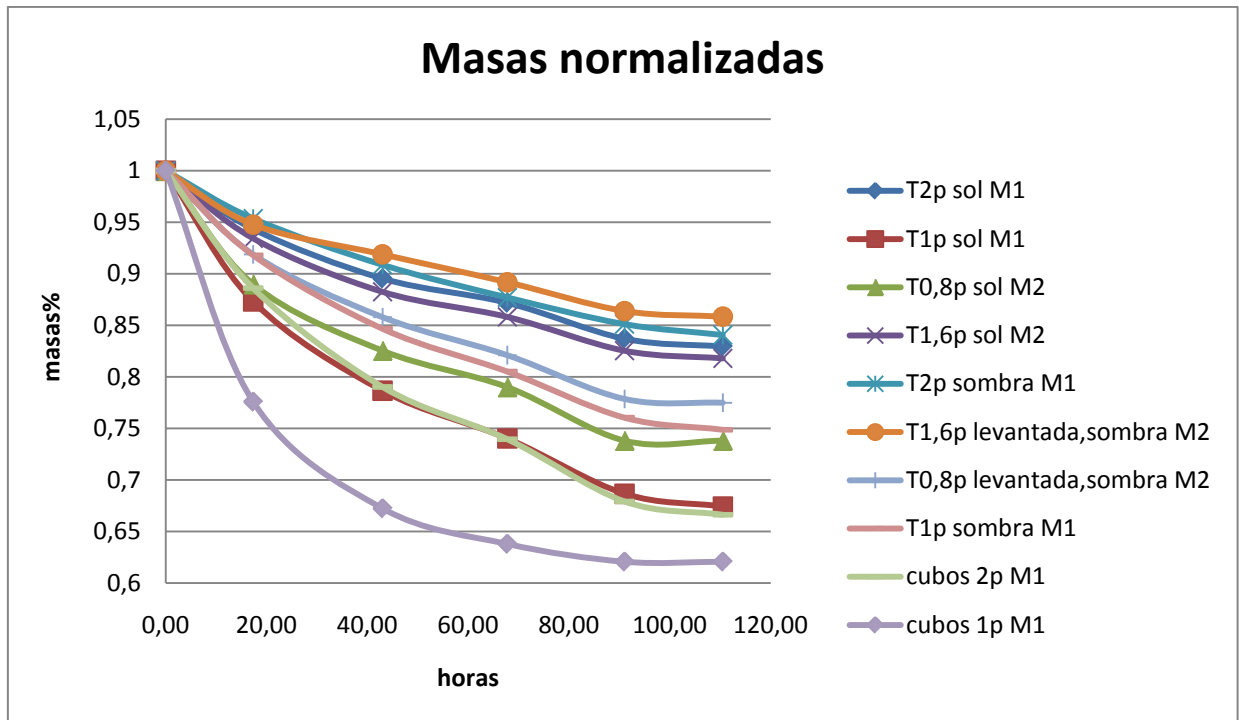


Figura 4.11 Secado de Cedro Real por geometrías

A la vista de las graficas 4.11 podemos sacar varias conclusiones:

- Las tablas de la muestra 2 secan más rápido, debido principalmente a que su espesor es algo menor que las de las muestra 1 y, en menor medida, a que su contenido de humedad es algo mayor.
- Como era de esperar las tablas de 1 pulgada secan más rápido debido a su menor espesor.
- Comprobamos de nuevo que el efecto de la radiación directa es pequeño, aunque superior que en el caso anterior. Esto nos hace pensar que el efecto de la radiación directa es más importante en las primeras etapas del proceso, cuando el frente de evaporación está próximo a la superficie. La diferencia mayor se observa en las tablas de 1 pulgada.
- Es de destacar la forma claramente exponencial que describen los cubos de 1 pulgada de arista. Se aprecia que alcanzan claramente el estado de equilibrio, sin embargo esto no ocurre con las demás muestras, sobre todo en las tablas de 2 pulgadas.



Las humedades finales son mostradas en la tabla 4.3:

Muestra	Humedad final %	Muestra	Humedad final
T2p sol M1	32,20	T1,6p sol M2	33,22
T1p sol M1	16,17	T0,8p sol M2	25,77
T2p sombra M1	32,79	T1,6 levantada M2	36,41
T1p sombra M1	24,48	T0,8p levantada M2	29,80
Cubos 2p M1	14,21	Cubos 1p M1	4,29

Tabla 4.3 Humedades finales obtenidas en el Cedro Real

Con un rápido vistazo a la tabla 4.3 nos damos cuenta que después de 110 horas la humedad ha disminuido bastante, pero no ha completado el proceso de secado. Las Tablas de 2 pulgadas de grosor están por encima del 30%. Solamente las tablas de 1 pulgada de espesor alcanzaron una humedad por debajo del 18%, sin contar los cubos, que al ser pequeños se secan con mayor rapidez.

Aunque con estos datos no podemos determinar la duración de un proceso de secado completo (sobre todo para las tablas de 2 pulgadas de grosor) Podemos aproximarlos para la muestra 1 de dos maneras:

Teniendo en cuenta los datos mostrados en la tabla 2.2, vemos que el factor de corrección al tiempo de secado de una tabla de 54 mm con respecto a una de 27 es de 2,8. Por lo tanto, dado que las tablas de 1 pulgada alcanzan una humedad promedio del 20% en 110 horas, las tablas de 2 pulgadas deberían alcanzar esos niveles en aproximadamente en 310 horas.

También podemos aproximar el tiempo de secado usando los ensayos de Cedro Macho. Para ello nos basamos en: la similitud de las especies, la igualdad de geometrías y que la humedad de partida en el ensayo de Cedro Macho es del 31%, aproximadamente igual que la humedad final obtenida en Cedro Real.

Vemos que el sacador es capaz de alcanzar una humedad final del 22% y 16% para las tablas de 2 pulgadas al cabo de 95 y 250 horas respectivamente.

Por lo tanto el cedro Real podría haber llegado al 22% de humedad en 305 horas, lo cual es bastante coherente con el resultado obtenido corrigiendo en base al espesor. Finalmente que un secado aceptable del 16% podría alcanzarse al cabo de 400 horas.

Por otra parte, las tablas de 1 pulgada de Cedro Macho tardaron algo menos de 200 horas en pasar del 22.5% al 10% de humedad, por tanto en el caso del cedro real se necesitarían aproximadamente 350 horas para culminar el secado.

Estos resultados pueden parecer desalentadores, pero un 45% de humedad es de las más altas que nos podemos encontrar (corresponde a la madera recién cortada). Por tanto el proceso de secado es de los más largos que vamos a encontrar, y aun así conseguimos reducir el tiempo de secado de varios meses a menos de 17 días.

4.2.5) Ensayos en Granadillo

Fue muy difícil encontrar granadillo, sólo se encontró una tabla de 1 pulgada de espesor y una humedad del 17%. Las muestras que se utilizaron fueron:

- Tablas de 2,54 cm de espesor y 20,32 cm de longitud
- Tablas de 2,54 cm de espesor y 15,24 cm de longitud
- Cubos de 2,54 cm de arista
- La humedad inicial de las muestras es del 16,7%

Los resultados se muestran en la figura 4.12 agrupados por geometrías:

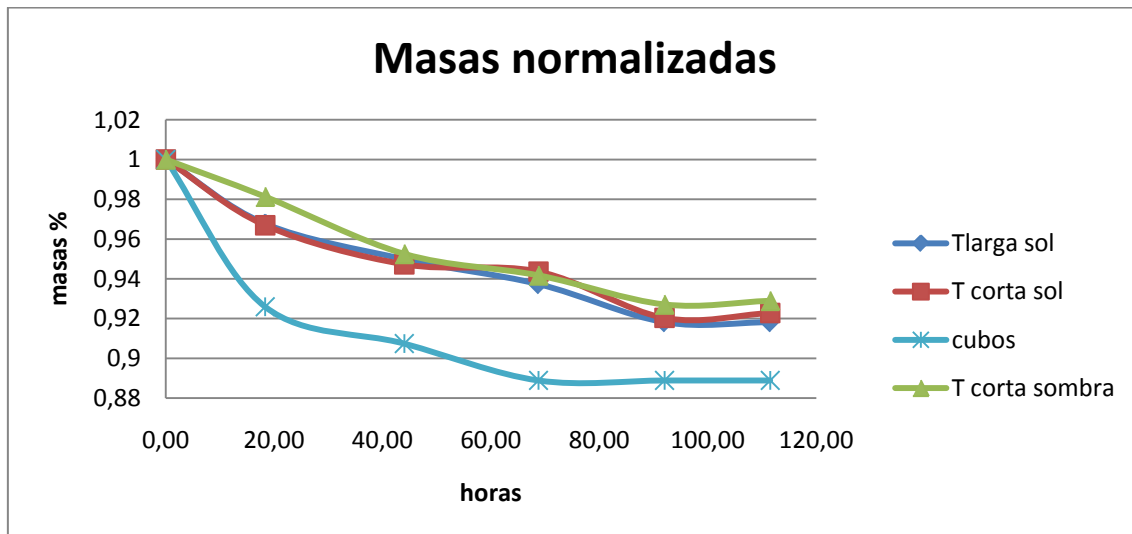


Figura 4.12 Secado de Granadillo

Podemos observar de nuevo que los cubos son los más rápidos en secarse y que alcanzan sobradamente la humedad de equilibrio higroscópico en unas 100 horas. Las tablas, sin embargo, no alcanzan la humedad de equilibrio aunque estén cerca.

De nuevo apreciamos que la influencia de la radiación directa es muy pequeña. Esto resulta coherente ya que el granadillo tenemos una humedad inicial bastante por debajo el punto de saturación de las fibras. Luego el frente de evaporación está en el interior de



la madera. Dada la naturaleza aislante de la madera, La energía debida a la radiación directa le resulta difícil llegar al interior de la pieza.

En la tabla 4.4 mostramos las humedades finales alcanzadas:

Muestra	T larga sol	T corta sol	T corta sombra	cubos
Humedad final %	9,27	9,73	10,33	6,29

Tabla 4.4 Humedades finales obtenidas en Granadillo

Como podemos apreciar en la tabla 4.4, la humedad final que alcanzan las muestras indican que se secan completamente. Si observamos la figura 4.12 nos damos cuenta que dicha humedad final se alcanza antes de la finalización del ensayo, concretamente las tablas alcanzan el nivel de humedad mostrado en la tabla 4.4 en un periodo de 92 horas.

4.3) Ensayos realizados en hornos

A fin de comparar el rendimiento del secador solar con el de un horno convencional, que puede funcionar 24 horas al día, hemos realizado una serie de test de secado en un horno eléctrico. Se han realizado ensayos en base a:

- Diferentes especies de madera, debido a que diferentes especies necesitan diferentes parámetros de secado.
- Dos temperaturas de secado entre las cuales se encuentra el punto de operación del secador, esto es 45°C y 55°C.
- Diferentes caudales de renovación de aire, este ensayo nos da una idea de hasta qué punto eso no una limitación no poder controlar el caudal másico que genera el secador.
- Diferentes geometrías, debido a que las diferentes relaciones área/volumen dan lugar a diferentes velocidades de secado.

4.3.1) Descripción del sistema de medida

Para realizar estos ensayos disponíamos de 2 hornos con caudal de aire de renovación constante. Uno de ellos tenía una ventilación con flujo forzado y el otro tenía ventilación por flujo natural. Dichos hornos se muestran en las figuras 4.13 y 4.14 respectivamente.



Figura 4.13 Horno de Flujo forzado



Figura 4.14 Horno de flujo natural

Todos los ensayos, salvo aquellos que comparan el efecto del caudal de aire de renovación, fueron realizados en el horno dotado de flujo forzado, aplicando el mismo a todos ellos.

Para determinar la velocidad de secado pesamos las muestras a intervalos regulares de tiempo. Para que hubiera una diferencia apreciable entre una medida y la anterior se emplearon intervalos de 2-4 horas.

Para el pesaje disponíamos de las balanzas descritas en el apartado 4.1.1) que se muestran en la las figuras 4.1 y 4.2.

A diferencia del apartado anterior no mostraremos todas las muestras agrupadas por geometrías, en los casos en los que haya pocas geometrías diferentes se mostraran los valores individuales.

4.3.2) Ensayos realizados en Pino

Las muestras de pino ensayadas, al igual que las ensayadas en el secador solar, fueron de 2 tipos:

- Tablas de 2,54 cm de espesor y 45 cm de longitud.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- La humedad inicial de la muestra que seco a 45° fue del 22.08%
- La humedad inicial de la muestra que seco a 55°C fue del 28.29%

En la figura 4.15 se pueden observar los resultados para el ensayo de 4 muestras a 45°C, todas ellas tablas de 45 cm:

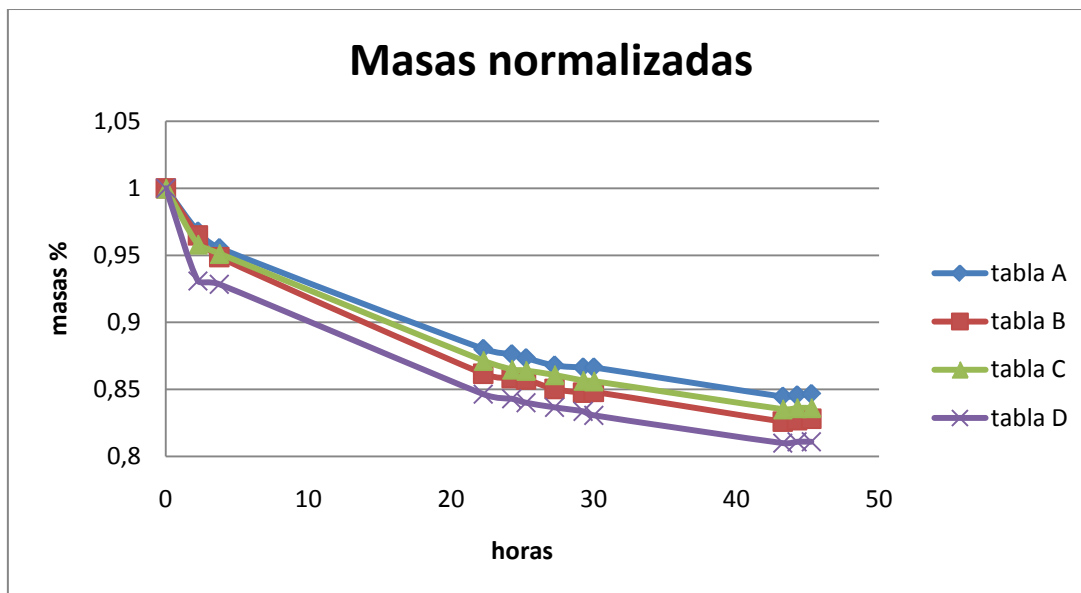


Figura 4.15 Secado de pino a 45°

Podemos observar que todas las muestras siguen un patrón muy similar, en la figura 4.16 se muestran los ensayos realizados a 55 °C, ensayo en el que se añadieron los cubos de 1 pulgada.

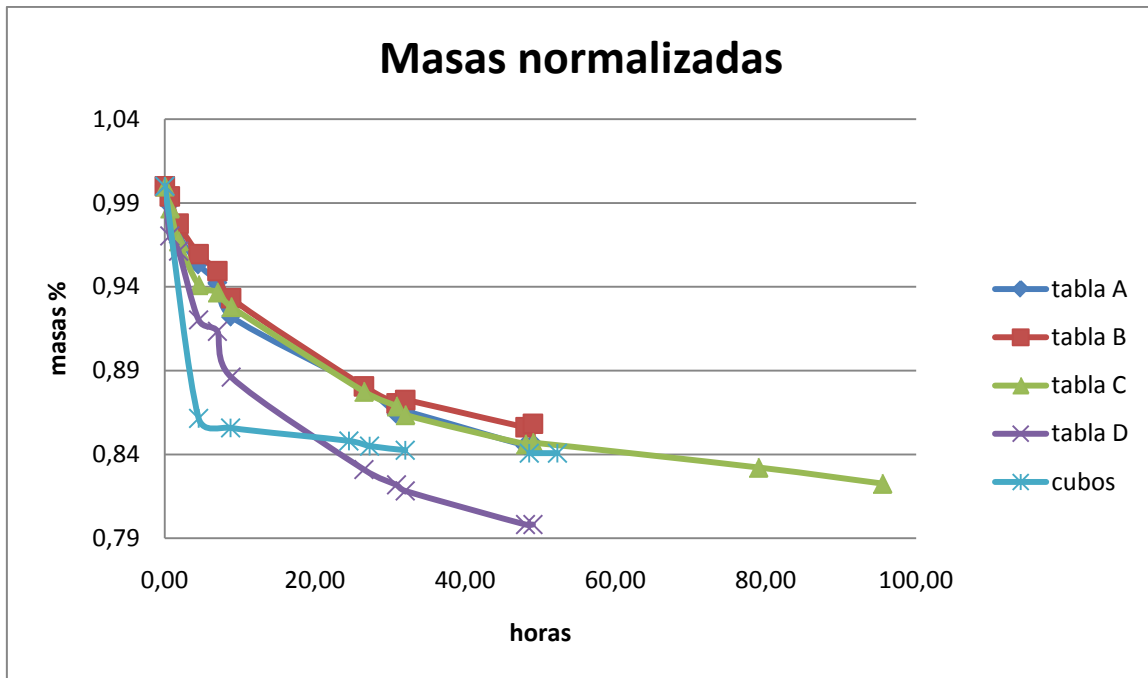


Figura 4.16 Secado de pino a 55°

En la figura 11 podemos observar que la tabla D tiene una velocidad de secado mucho mayor que las otras tablas, esto es debido porque durante el ensayo se agrieto severamente, como se puede apreciar en la figura 4.17 con lo que la humedad quedaba más expuesta, sin contar con que, al romperse partes de la tabla se desprendieron, lo que sin duda afectó a las medidas. Las demás se ajustan bastante bien.

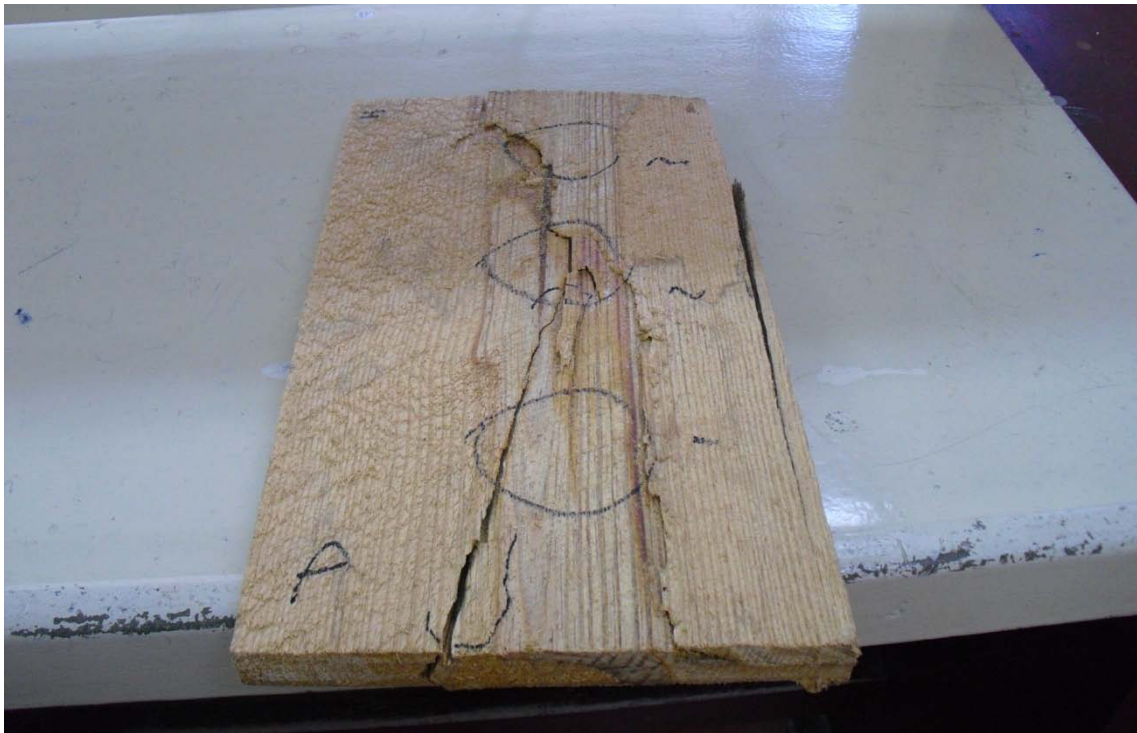


Figura 4.17 Tabla D, muy fracturada

En la figura 4.18 se muestra una comparación del secado a 45°C y a 55°C

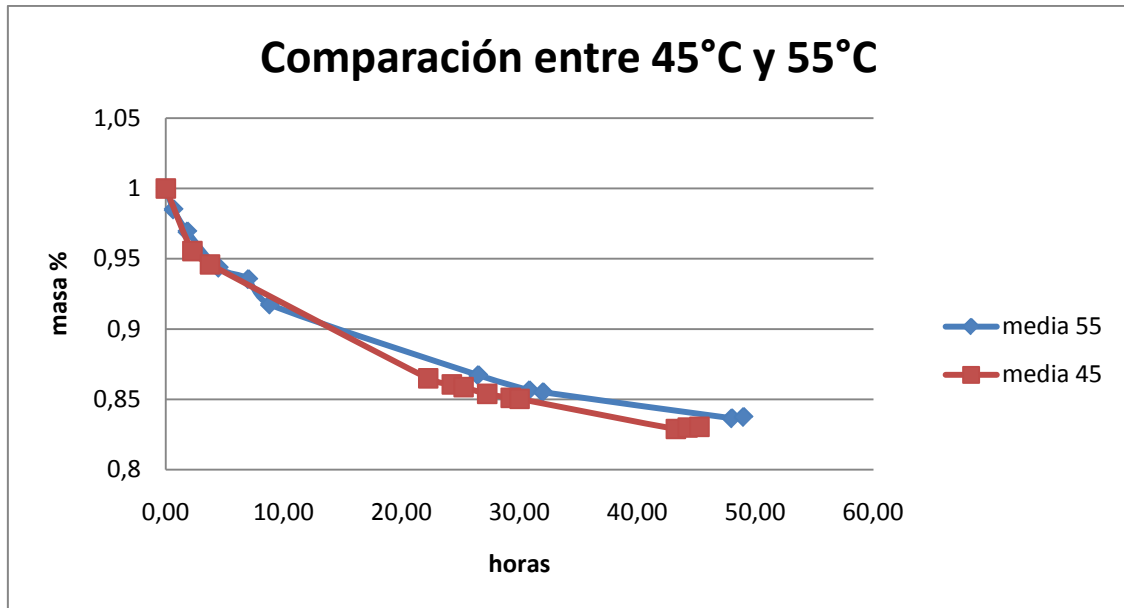


Figura 4.18 Comparación entre el secado a 45° y 55°

En esta figura vemos que los 2 conjuntos de muestras se secan a velocidades muy similares, pareciendo el secado a 45°C más rápido que a 55°C, esto es debido a que la muestra ensayada a 55°C estaba algo más seca (22% de humedad) mientras que la secada a 45 estaba al 28,3% por tanto el peso de las muestras secadas a 45°C disminuyo más rápidamente.

4.3.3) Ensayos realizados en Cedro Macho

Dada la mayor disponibilidad del cedro macho, realizamos con este las pruebas a diferentes caudales de aire de renovación. Para ello ensayamos a 45°C con 2 caudales diferentes, como no disponíamos de un horno con control de caudal, usamos otro horno más pequeño con ventilación natural. En un ensayo dejamos las 2 aperturas de ventilación abiertas y en el otro tapamos una. Por lo tanto tenemos que el caudal en un ensayo es doble que en el anterior.

Así mismo ensayamos varias geometrías diferentes, las mismas que utilizamos para el secador solar, a saber:

- Tablas de 5,08 cm de espesor y 20,32 cm de longitud.
- Tablas de 2,54 cm de espesor y 20,32 cm de longitud.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- Cubos de 5,08 cm de arista.
- La humedad inicial de la muestra es del 31%.

4.3.3.1) Ensayos a temperatura constante de 45 °C

Para el ensayo a temperatura constante agruparemos las muestras por geometría para ver mejor los resultados. Los resultados correspondientes al caudal de renovación de flujo natural con dos aperturas se muestran en la figura 4.19:

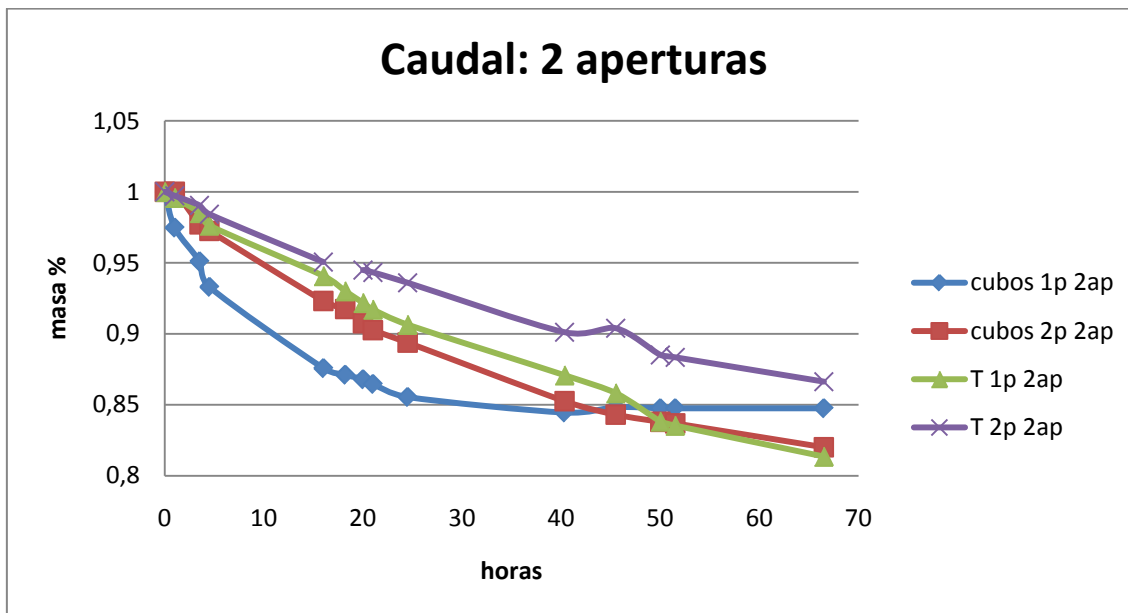


Figura 4.19 Secado de Cedro Macho a 45° con un flujo de renovación correspondiente a 2 aperturas

En la figura 4.19 observamos que, como ya es habitual los cubos de 1 pulgada secan más rápido que el resto debido a la anisotropía de la circulación antes expuesta.

Vemos otro efecto interesante: Estos cubos han alcanzado el estado de equilibrio, a diferencia del resto de las muestras. Vemos que las tablas de 1 pulgada y los cubos de 2 pulgadas adelantan a los de 1 pulgada y de dejarlo más tiempo sin duda las tablas de 2 pulgadas también los adelantarían. Esto se debe a que al cortar los cubos estos se secan un poco debido al calor generado, con un efecto más acusado en los de 1 pulgada por su pequeño tamaño.

En la figura 4.20 vemos los resultados para el caudal de 1 apertura:

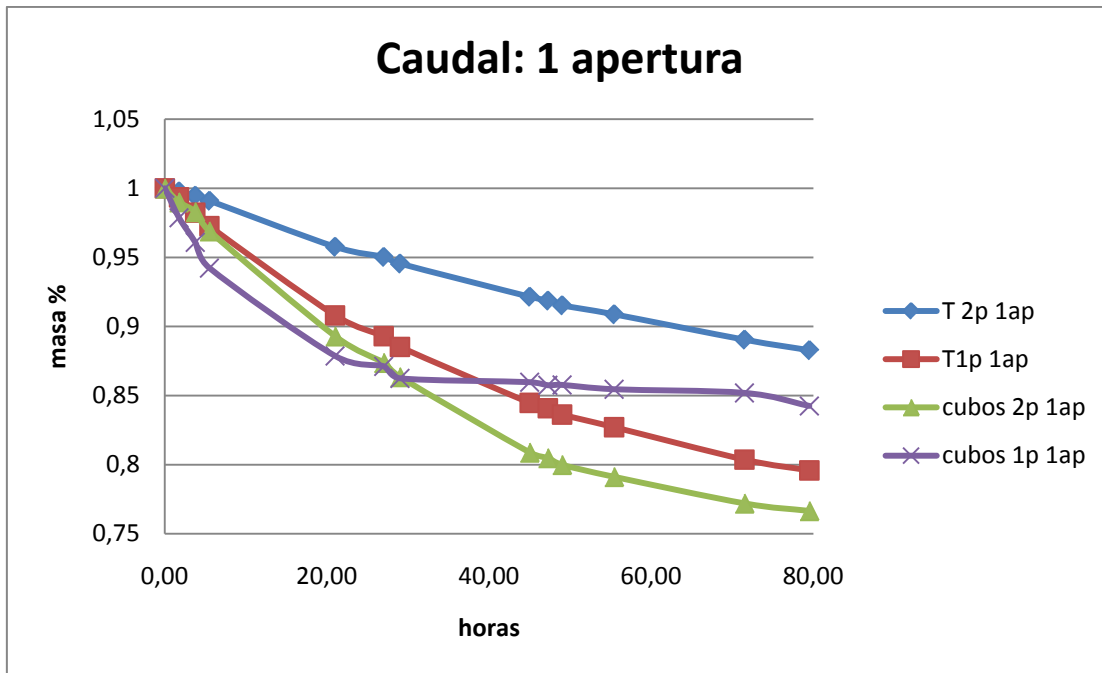


Figura 4.20 Secado de Cedro Macho a 45° con un flujo de renovación correspondiente a 1 apertura

Finalmente en la figura 4.21 mostramos la comparación entre ambos.

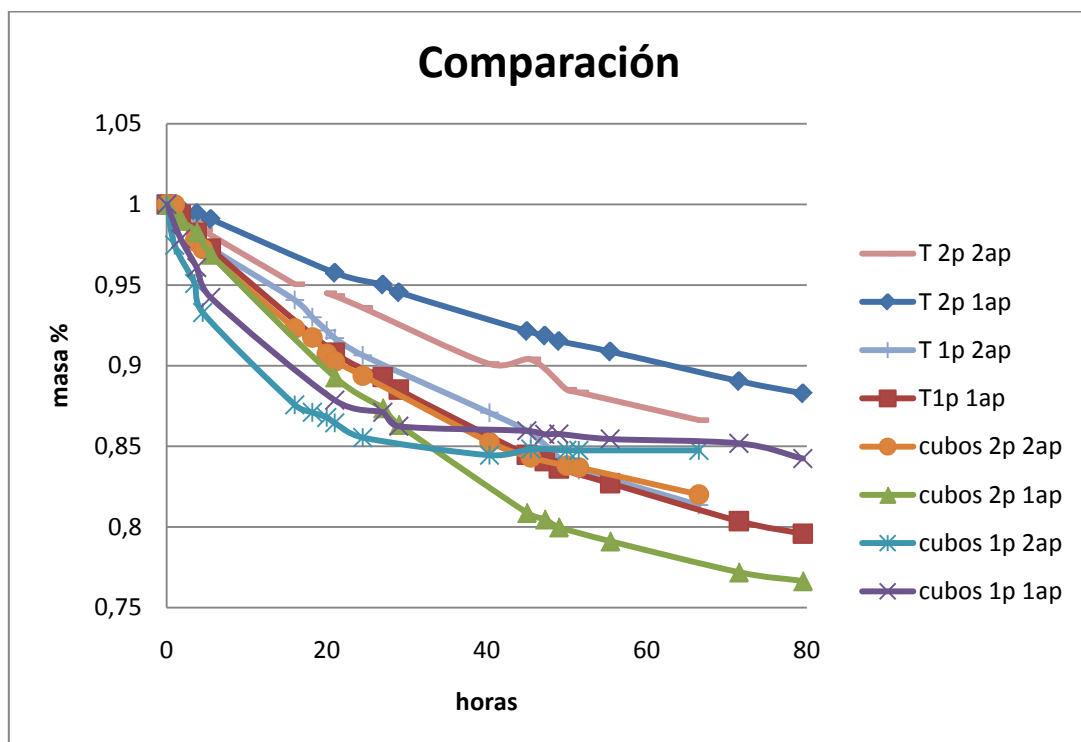


Figura 4.21 Comparación De Cedro Macho a 45° con diferentes caudales de renovación

En la figura 4.21 se podemos observar que en todas las geometrías, la velocidad de secado con el caudal de renovación de 2 aperturas fue algo mayor que con 1 apertura, lo cual es razonable.

En la bibliografía encontramos que como norma general caudal de renovación debe ser elevado en las primeras etapas del proceso, es decir, cuando el frente de evaporación se encuentra en la superficie externa de la pieza (por encima del punto de saturación de las fibras), en las siguientes etapas (que ocupan la mayor parte del ensayo) El flujo de aire debe mantenerse lo suficientemente alto como para que la humedad del aire no se eleve demasiado durante el secado. Por tanto utilizar ventiladores para aumentar el gasto de aire por encima de ciertos valores resulta antieconómico debido al bajo aumento de velocidad experimentado [4], [5].

Por tanto mientras la humedad se mantenga a través del secador por debajo de un cierto valor, el aumento del gasto de aire tendrá un efecto pequeño en la velocidad de secado, aunque indudablemente aumente algo la velocidad de secado.

4.3.3.2) Ensayos a caudal de renovación constante

En la figuras 4.22 y 4.23 se muestran respectivamente los datos para las temperaturas de 45°C y 55°C, agrupando por geometrías para este último.

Ambas medidas fueron realizadas en un horno con ventilación mecánica.

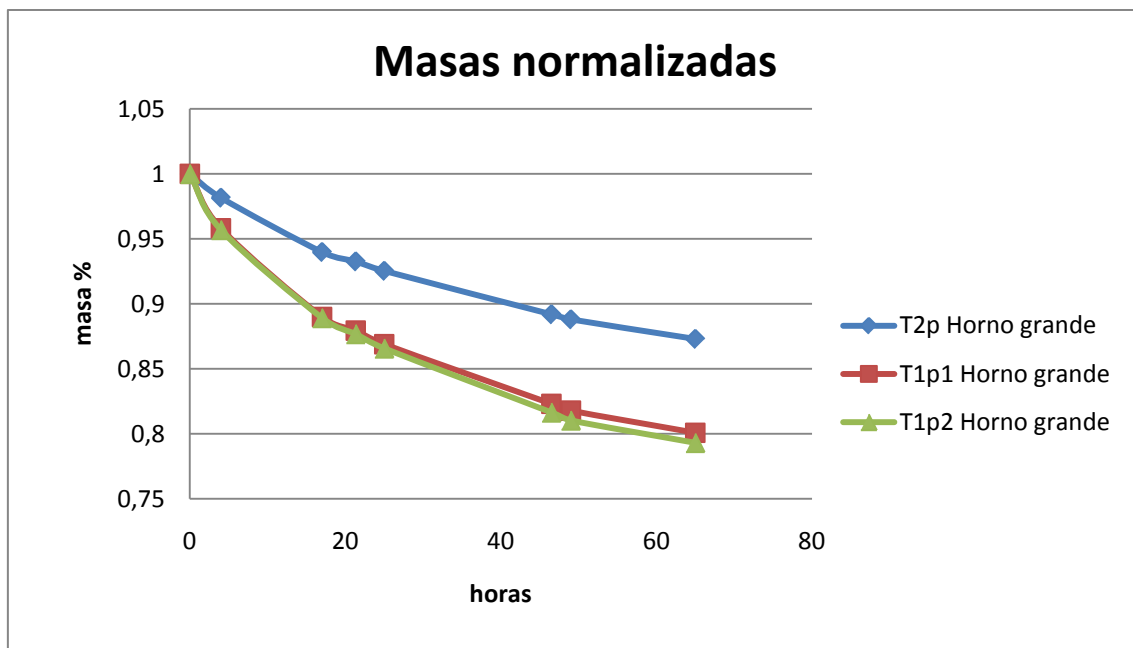


Figura 4.22 Secado de Cedro Macho a 45°

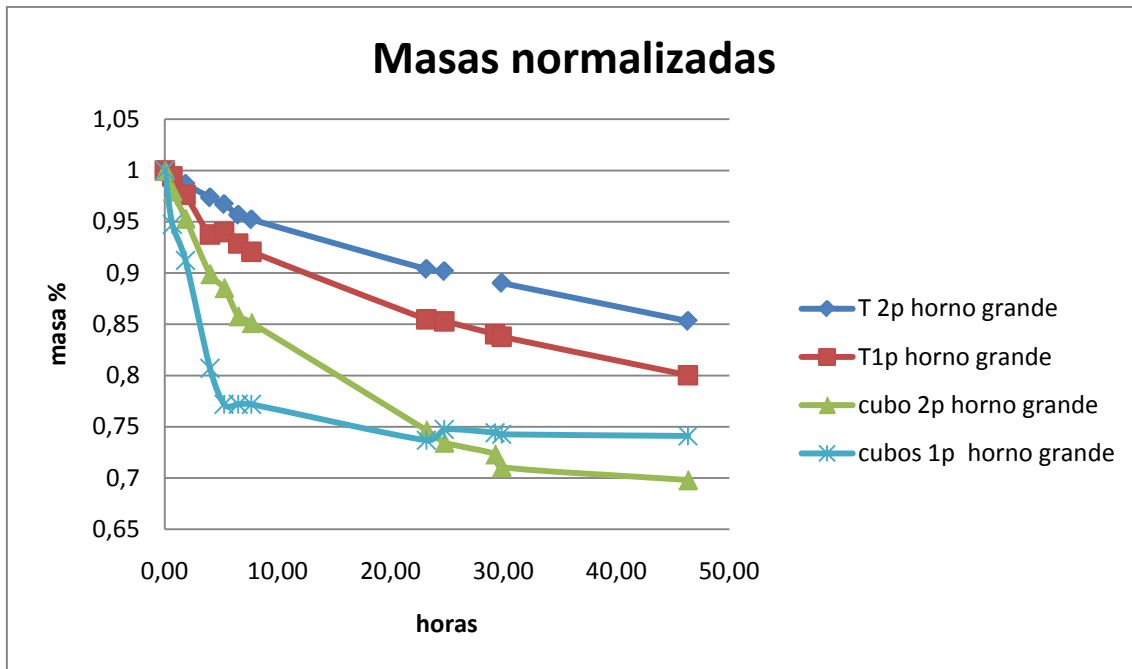


Figura 4.23 Secado de Cedro Macho a 55°

Observamos el mismo patrón que en las muestras de pino, esto es que la humedad de los cubos de 1 pulgada es menor y que es la única que llega al equilibrio (aunque aquí sólo es adelantada por los cubos de 2 pulgadas).

A continuación mostramos en la figura 4.24 la comparación entre las diferentes temperaturas de secado para las tablas, agrupando por geometrías.

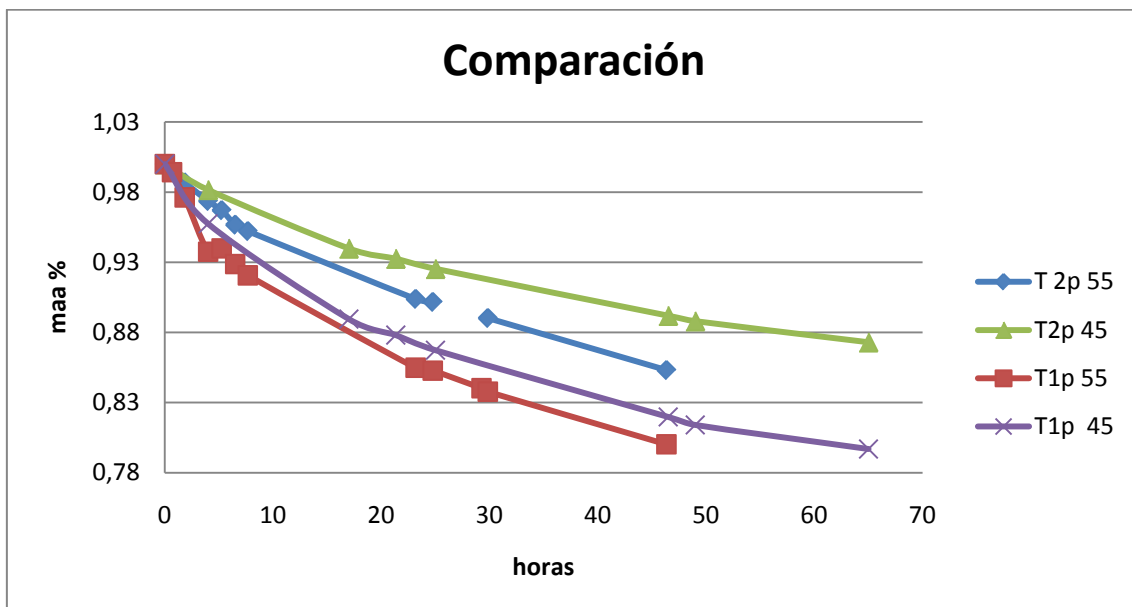


Figura 4.24 Comparación entre el secado a 45° y 55°

Aquí si se aprecia con claridad el aumento de velocidad de secado al aumentar la temperatura, ya que las muestras tienen una humedad similar, de aproximadamente el 30%.

4.3.4) Ensayos realizados en Cedro Real

En el este ensayo compararemos el secado del cedro real a 45°C y a 55°C. Presentaremos las muestras ordenadas por geometrías, las distintas geometrías son las mismas que las utilizadas en el con el cedro real en el secador solar, salvo que en los hornos sólo se ensayo la muestra 1, cuyo espesor es el mismo que en las demás especies. Dichas geometrías son:

- Tablas de 5,08 cm de espesor y 20.32 cm de longitud.
- Tablas de 2,54 cm de espesor y 20.32 cm de longitud.
- Cubos de 2,54 cm de arista.
- Cubos de 5,08 cm de arista.

En la figura 4.25 se muestran los resultados del ensayo a 45°C. En la figura 4.26 los resultados obtenidos a 55°C.

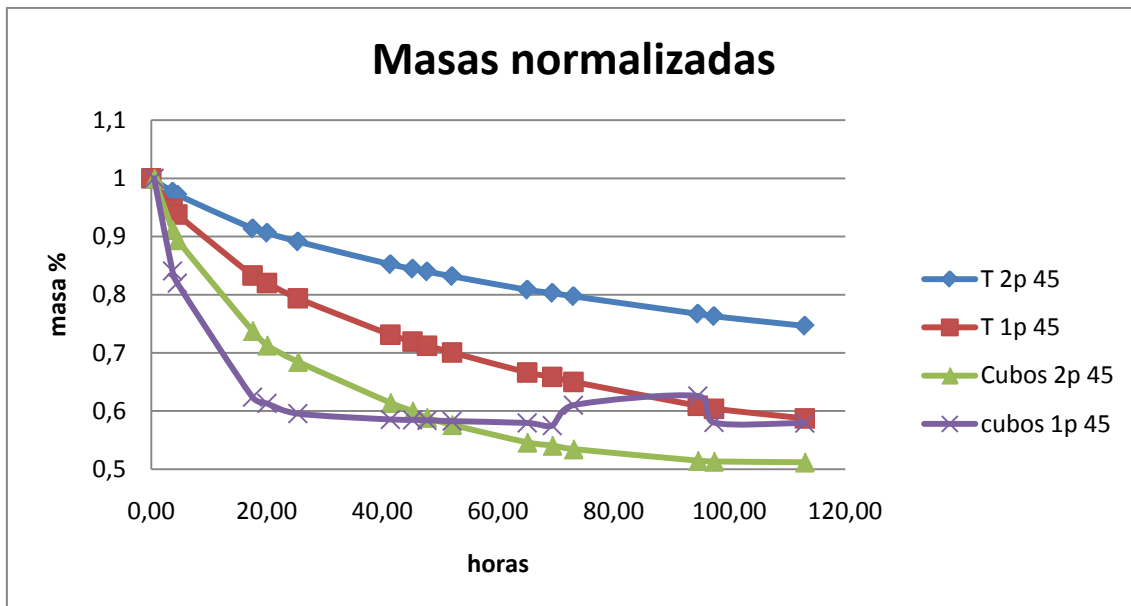


Figura 4.25 Secado de Cedro Real a 45°

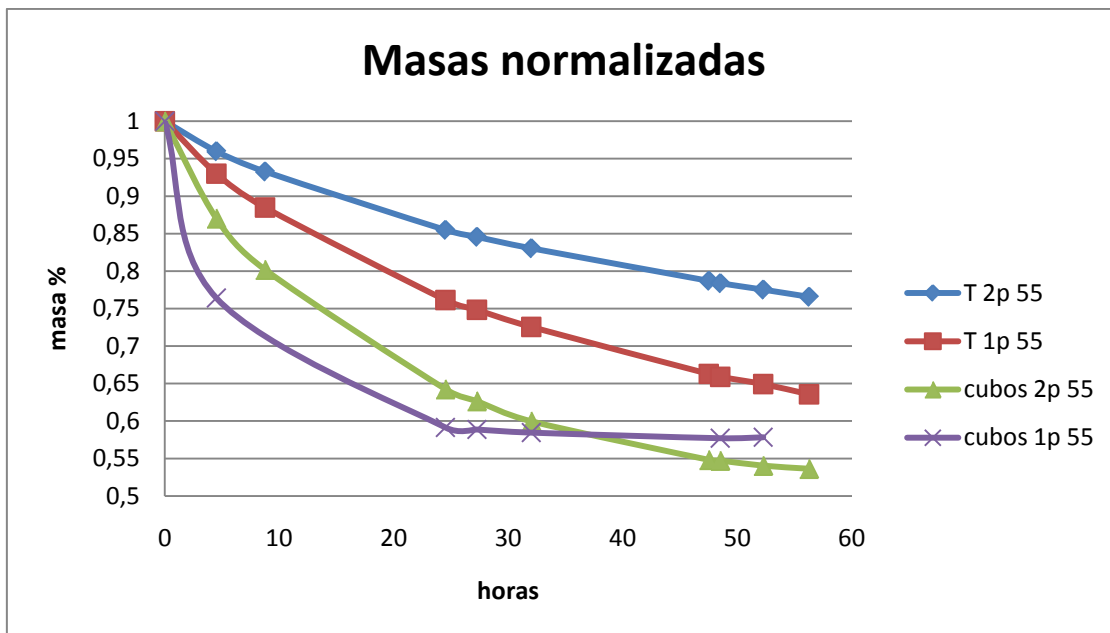


Figura 4.26 Secado de Cedro Real a 55°

Observamos el mismo patrón que en los resultados anteriores, salvo por dos datos algo alejados de la línea en los cubos de 1 pulgada visibles en la figura 4.25. Al ser un ensayo más largo se puede apreciar mejor las tablas de 2 pulgadas tardan mucho más en secarse.

A continuación comparamos los ensayos en la figura 4.27.

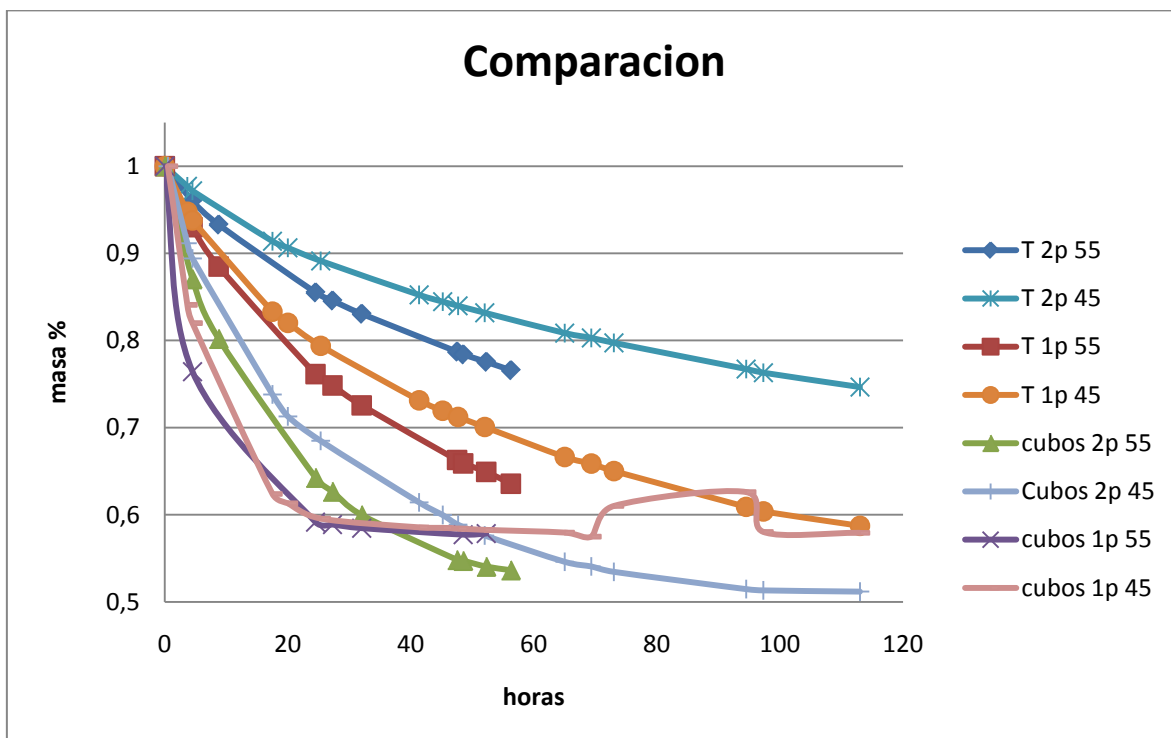


Figura 4.27 Comparación entre secado a 45° y 55°

En este grafico se vuelve a confirmar que el secado ocurre mucho más rápido a 55°C que a 45°C, aunque en los cubos de 1 pulgada la diferencia es menor. El ensayo a 45 °C fue dejado más tiempo para conseguir humedades finales similares.

Podemos observar que aunque la pendiente no sea muy distinta, el efecto que tiene en el tiempo de secado es grande y que dicho efecto aumenta con el espesor de las tablas. En concreto la diferencia de tiempo resulta de:

- En tablas de 2 pulgadas lleva 94 horas alcanzar un 26 % de humedad a 45° y 56 horas a 55°.
- Las tablas de 1 pulgada a 45° necesitaron 73 horas para alcanzar una humedad del 13% mientras que a 55° sólo hicieron falta 52.
- Eos cubos de 2 pulgadas alcanzan una humedad del 8% al cabo de 65 horas a 45 °C, mientras que a 55°C se alcanza dicho valor en 47 horas.
- En los cubos de 1 pulgada el efecto es despreciable.

4.3.5) Ensayos realizados en Granadillo

En el ensayo con granadillo, al igual que con el secador, sólo disponemos de tablas de 1 pulgada y de cubos de 1 pulgada, por lo tanto sólo se agruparan las geometrías para la comparación.

En la figura 4.28 mostramos el ensayo a 45°C, en la figura 4.29 podemos ver el ensayo a 55 °C.

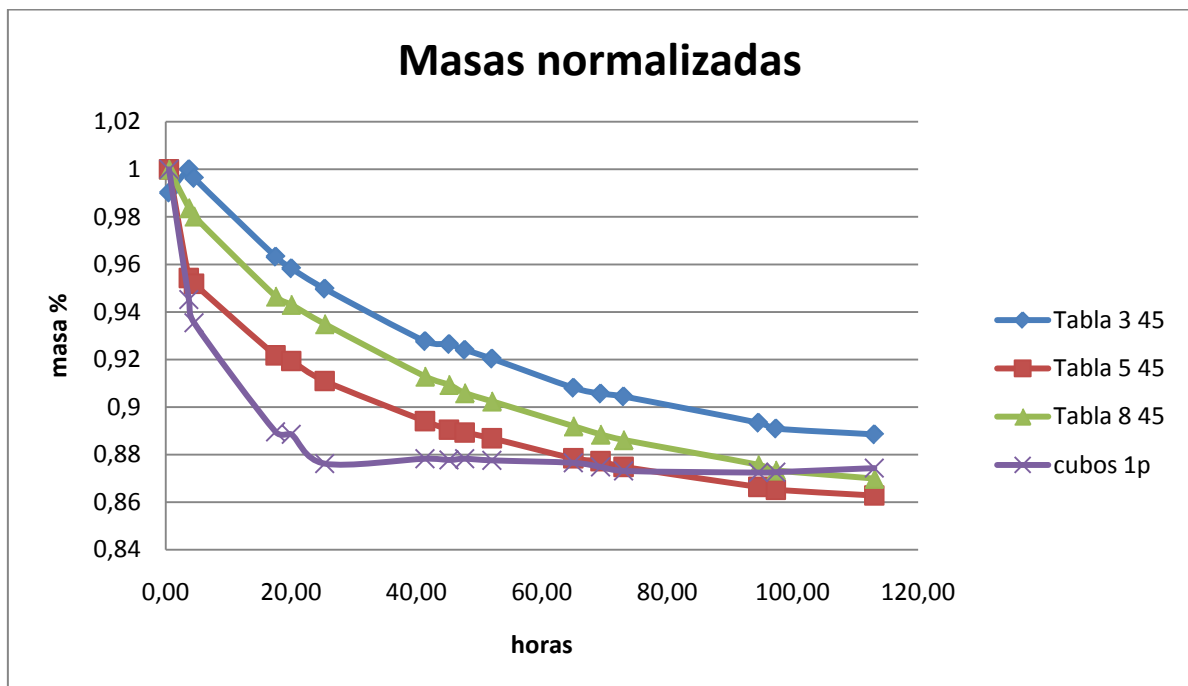


Figura 4.28 Secado de Granadillo a 45°

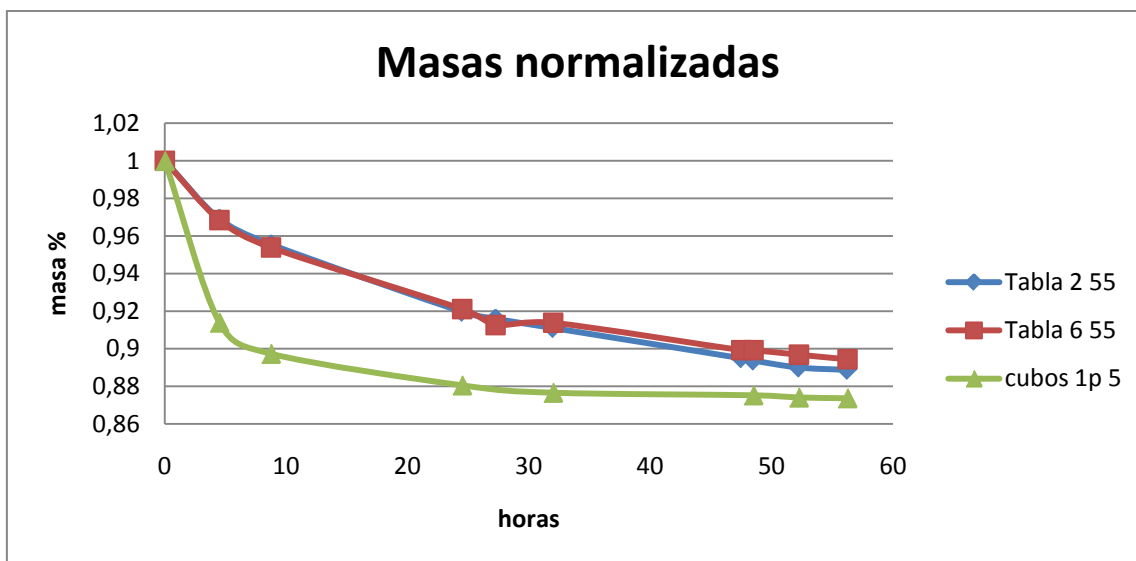


Figura 4.29 Secado de Granadillo a 55°

De nuevo vemos el patrón común a todos los demás ensayos en horno, con la excepción de que las tablas secadas a 45°C están sensiblemente más alejadas entre sí que en el resto de los ensayos, donde las tablas de una misma geometría coinciden con gran exactitud.

A continuación en la figura 4.30 vemos la comparación entre las 2 temperaturas, donde podemos apreciar de nuevo que la velocidad de secado a 55°C es mayor y que esta diferencia disminuye sensiblemente en el caso de los cubos.

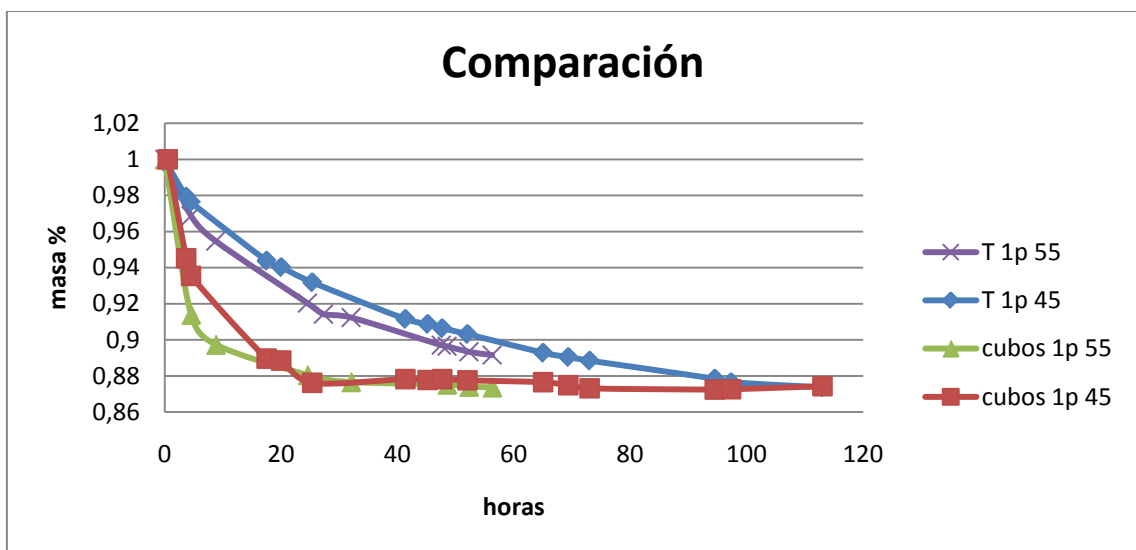


Figura 4.30 Comparación entre el secado a 45° y 55°



Capítulo 5

Modelo matemático del colector térmico

En este apartado describiremos el funcionamiento del colector de aire estudiando los procesos de transferencia de calor que suceden en su interior. Utilizaremos correlaciones empíricas de convección natural para calcular los coeficientes de convección y mediante balances de energía podremos calcular las temperaturas de todos los componentes del colector.

5.1) Descripción general del modelo

La resolución del problema planteado se programará en MATLAB para poder resolverlo con diferentes condiciones ambientales y a diferentes inclinaciones. A la hora de probar el modelo se utilizarán las mismas condiciones ambientales que las existentes en los ensayos, a fin de poder comparar los resultados arrojados por el modelo con los datos recogidos del colector en funcionamiento.

El modelo se basará en la realización de un balance de energía en cada elemento del colector, incluida la corriente de aire. De los balances de energía obtendremos un sistema de 5 ecuaciones con 5 incógnitas. Dichas incógnitas son las temperaturas de:

- La superficie exterior del vidrio.
- La superficie interior del vidrio.

- La corriente de aire que circula por el colector.
- La placa absorbedora.
- La temperatura exterior del aislante.

Conocidas estas temperaturas podremos calcular el gasto, comparando la diferencia de presión debida a la flotabilidad del aire caliente con las pérdidas de presión que sufre el aire al circular por el colector.

A continuación se describe el intercambio térmico entre todos los componentes del colector, nos apoyaremos en la figura 5.1, donde mostramos un esquema de los procesos de transferencia de calor en el colector.

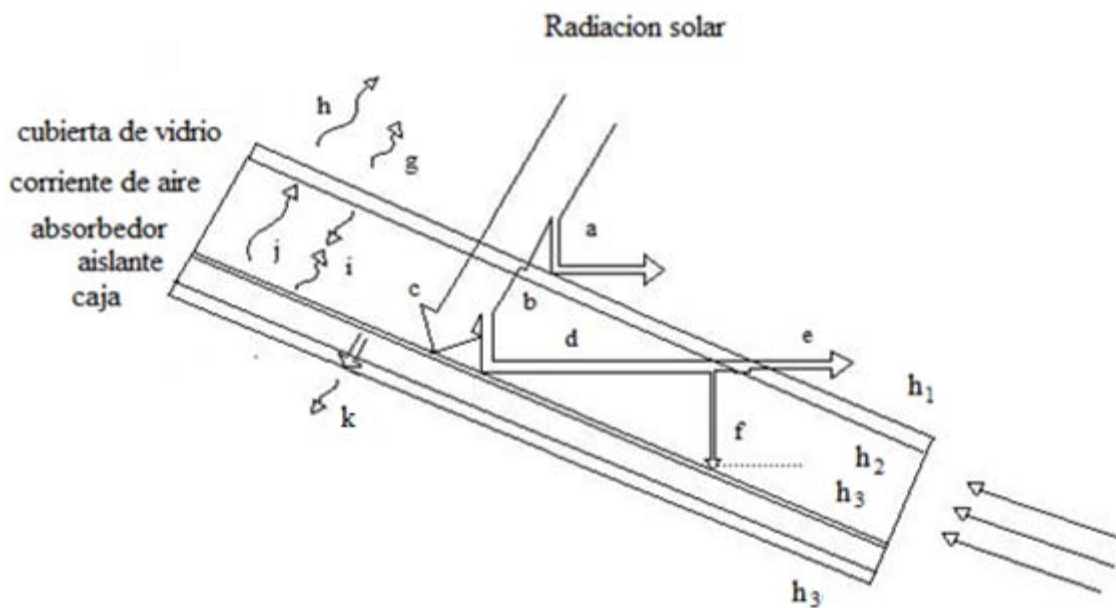


Figura 5.1 Esquema de la transferencia de calor en el colector

Como vemos en la figura 2.1, no toda la radiación solar es absorbida en la placa metálica, una parte es reflejada por el vidrio (a) y otra es absorbida al atravesar el vidrio en (b). El resto atraviesa el vidrio y es en su mayor parte absorbida por la placa en (c), pero otra parte es reflejada de nuevo al vidrio (d). La radiación inicia un proceso de absorciones y reflexiones (e, f) que va decayendo en intensidad. Según Duffie and Beckman [2], la fracción de radiación de solar interceptada por la placa absorbente y por el vidrio se puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$Q_{abs\ placa} = \frac{\alpha_p \cdot \tau_v \cdot \varphi}{1 - \rho_p \cdot \rho_v} \quad [5.1]$$

$$Q_{abs\ vidrio} = \alpha_v (1 + \tau_v \cdot \rho_p) \cdot \varphi \quad [5.2]$$

Como la radiación es un fenómeno superficial, se modelara como una generación de calor en la superficie expuesta. El calor absorbido en la placa absorbedora se transfiere por tres vías en paralelo:

- Por convección natural a la corriente de aire que atraviesa el colector (i).
- Por conducción hacia el aislante y a la caja externa y finalmente por convección natural al exterior (k).
- Por radiación a la cubierta de vidrio (j). Como sabemos, la presencia de la hoja de vidrio genera un efecto invernadero debido a que el vidrio es opaco a la radiación infrarroja. Por tanto, la radiación emitida por la placa es absorbida por la superficie interior del vidrio, provocando el calentamiento de la cubierta.

El calor absorbido por el vidrio corresponde a dos fuentes, la primera es la radiación absorbida espectro visible, es decir, una parte de la radiación solar incidente (b). Dicha radiación se tratara como una generación de calor en la superficie externa.

La segunda contribución, la más importante, es el calor transferido por radiación (en el espectro infrarrojo) desde la placa absorbente (j). Este calor será tratado como una generación de calor en la superficie interna del vidrio, parte de dicha radiación se transfiere a la corriente de aire por convección (i) y otra parte fluye por conducción hasta la superficie externa del vidrio. Aquí se suma a la primera contribución para ser evacuada junto con la radiación visible absorbida (b) al ambiente por radiación (h) y por convección (g).

Por otra parte el calor fugado desde la placa absorbente hacia la caja aislante se transferirá por conducción a través del aislante, llegando a la superficie inferior del colector, donde cederá calor por convección al ambiente (k).

Para describir el intercambio de calor por radiación entre la cubierta transparente y el absorbedor (j) así como el intercambio entre la cubierta transparente y el exterior (h), hay que tener en cuenta que transferencia de calor por radiación es de naturaleza no lineal. Por tanto linearizaremos las ecuaciones introduciendo los coeficientes de transferencia de calor por radiación h_{rpv} y h_{ve} a fin de poder introducir las ecuaciones en un sistema de ecuaciones lineales. La definición de dichos coeficientes se muestra en las ecuaciones [5.24] y [5.25].

Es de resaltar que realizaremos un balance de energía en la superficie interna del vidrio y otro en la superficie externa. Por tanto partiremos la ecuación [5.2] en los términos correspondientes a dichas superficies, así el calor absorbido por estas superficies será:

$$Q_{abs\text{ vidrio interno visible}} = \alpha_v \cdot \varphi \quad [5.3]$$

$$Q_{abs\text{ vidrio exteno visible}} = \alpha_v \cdot \tau_v \cdot \rho_p \cdot \varphi \quad [5.4]$$

Para la realización de este modelo se han realizado una serie de aproximaciones que se detallan a continuación:

Despreciaremos la resistencia a conducción que tiene la chapa absorbente, al ser de acero y ser muy fina (aproximadamente 0.9 mm de espesor). Por lo tanto para calcular la resistencia térmica de la rama k sólo tendremos en cuenta la resistencia del aislante y de la lámina de fibrocemento. Sin embargo se tendrá en cuenta la resistencia a la conducción del vidrio, ya que la conductividad del vidrio es baja.

También se supondrá que todos los elementos del colector están a temperatura constante. Esto es una aproximación razonable en para la placa absorbente, la placa de vidrio y en general las piezas que forman el colector. Pero, como es natural, la temperatura del aire en el interior del colector varía conforme avanza por él, por lo tanto debemos analizar la validez de tal aproximación.

En la figura 5.2 mostramos la evolución de las temperaturas de la placa absorbente y la corriente de aire, esta vez sólo supondremos constante la temperatura de placa.

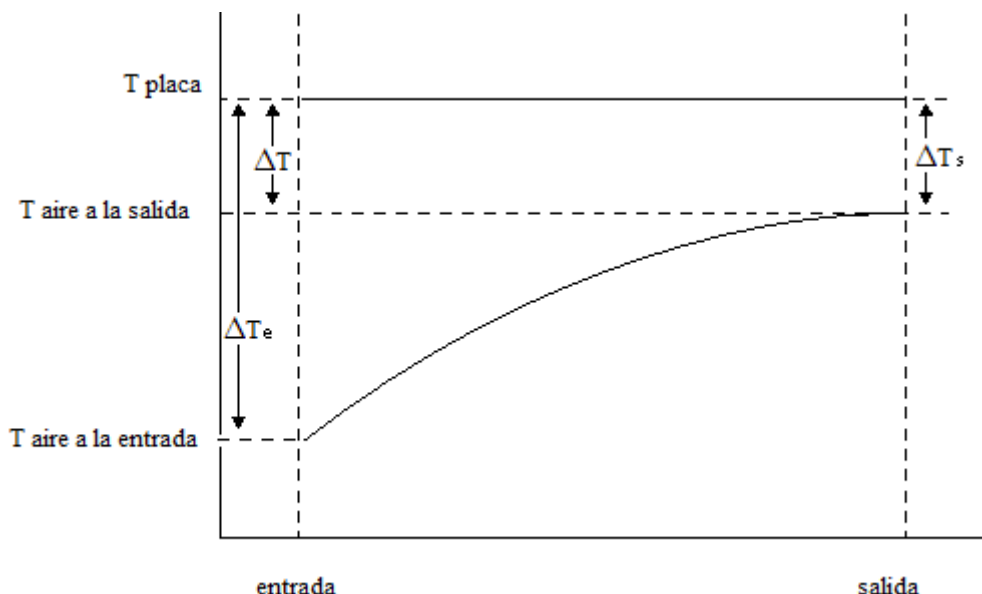


Figura 5.2 Evolución de las temperaturas del aire y de la placa

En un intercambiador de calor, las temperaturas de las corrientes frías y calientes varían, para salvar esta dificultad se define la temperatura media logarítmica [5.6] como la

temperatura promedio apropiada para poder expresar el intercambio de calor en un intercambiador mediante la expresión [5.5].

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \cdot F \quad [5.5]$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} \quad [5.6]$$

Como dicha expresión de la ΔT_{ml} esta basada en un balance de energía en un intercambiador de contraflujo, para poder utilizar la expresión [5.5] para otro tipo de intercambiadores utilizamos el factor de corrección F, dicho factor toma valores de 0-1 dependiendo del arreglo del intercambiador. Cuando uno de los focos térmicos no varía de temperatura, como ocurriría si tuviéramos un cambio de fase, como en un condensador, por ejemplo, el valor del factor F tiene un valor unidad.

Como en nuestro caso la temperatura de la placa no varía apreciablemente a lo largo del colector, el valor de F será muy cercano a la unidad.

Llamemos a temperatura de entrada T_e y a la de salida T_s (como figura en la figura 5.2) como queremos calcular el error cometido al considerar que el air está a T_s durante todo su recorrido a través del colector, calcularemos ΔT_{ml} en función de ΔT_s , para ello consideramos $\Delta T_e = x \cdot \Delta T_s$ con $x > 1$ y operamos de la siguiente forma:

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_s \cdot x - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_s \cdot x}{\Delta T_s}\right)} = \Delta T_s \cdot \frac{x-1}{\ln(x)} > \Delta T_s \quad \forall x > 1 \rightarrow \Delta T_{ml} > \Delta T_s \quad [5.7]$$

De esta manera demostramos que el incremento de temperatura medio logarítmico será mayor que el incremento de temperatura a la salida siempre que el incremento de temperatura a la entrada sea mayor que a la salida (como sucede en nuestro caso)

De la expresión [5.7] podemos sacar 2 conclusiones:

- Que al considerar que el aire se encuentra a T_s , la diferencia de temperaturas que se introducen en las ecuaciones es menor que el real, por lo tanto menospreciamos el calor transferido a la corriente. Es decir, es una aproximación conservadora.

- Podemos cuantificar el error cometido, cuyo valor es $\frac{x-1}{\ln(x)}$. En la tabla 5.1 se muestran los resultados de las medidas de temperatura de la placa absorbente, en la tabla 5.2 se muestran los valores de x obtenidos en los ensayos:



Medida	T placa °C
1	86,4
2	81,6
3	91,3
4	82,5
5	87,6
6	78,6
7	88,9
8	94,6
9	83,7
10	88,2
11	83,4
Promedio	86,073

Tabla 5.1 Valores de la temperatura de la placa absorbente

Como podemos observar en la tabla 5.1, tomaremos como temperatura de la placa 86.073°

Te	Ts	Dte	DTs	x	error
33,73	45,79	51,21	39,16	1,31	1,15
36,56	50,87	48,38	34,07	1,42	1,20
34,86	48,07	50,08	36,88	1,36	1,17

Tabla 5.2 error cometido

En la tabla 5.2 podemos ver un valor medio del error del 17.%, el cual, aunque es grande, comparado con la precisión de las correlaciones utilizadas es una aproximación razonable.

5.2) Presentación de las ecuaciones

A continuación describimos los balances de energía realizados:

- En la superficie externa de la placa de vidrio:

$$\alpha_v \cdot \varphi = h_{rve} \cdot A \cdot (T_{ve} - T_{cielo}) + h_1 \cdot A \cdot (T_{ve} - T_{\infty}) + \frac{(T_{ve} - T_{vi})}{R_v} \quad [5.8]$$

- En la superficie interna de la placa de vidrio:

$$\alpha_v \cdot \rho_p \cdot \tau_v \cdot \varphi = h_2 \cdot A \cdot (T_{vi} - T_{aire}) + \frac{(T_{vi} - T_{ve})}{R_v} + h_{rvp} \cdot A \cdot (T_{vi} - T_p) \quad [5.9]$$

- En la corriente de aire:

$$h_2 \cdot A \cdot (T_{vi} - T_{aire}) + h_3 \cdot A \cdot (T_p - T_{aire}) = \dot{m} \cdot C_p (T_a - T_{\infty}) \quad [5.10]$$

- En la placa absorbente:

$$\frac{\alpha_p \cdot \tau_v \cdot \varphi}{1 - \rho_p \cdot \rho_v} = h_3 \cdot A \cdot (T_p - T_{aire}) + \frac{(T_p - T_{ext})}{R_{ais}} + h_{rvp} \cdot A \cdot (T_p - T_{vi}) \quad [5.11]$$

- En la parte inferior de la caja:

$$\frac{(T_p - T_{ext})}{R_{ais}} = h_4 \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{\infty}) \quad [5.12]$$

Reordenando obtenemos el sistema de 5 ecuaciones con 5 incógnitas:

$$\begin{aligned} \left(h_{rvv} \cdot A + \frac{1}{R_v} + h_1 \cdot A \right) \cdot T_{ve} - \frac{T_{vi}}{R_v} \\ = \alpha_v \cdot \varphi + h_1 \cdot A \cdot T_{inf} + h_{rvv} \cdot A \cdot T_{cielo} \end{aligned} \quad [5.13]$$

$$\begin{aligned} -\frac{T_{ve}}{R_v} + \left(h_{rvp} \cdot A + h_2 \cdot A + \frac{1}{R_v} \right) \cdot T_{vi} - h_2 \cdot A \cdot T_a - h_{rvp} \cdot A \cdot T_p \\ = \alpha_v \cdot \rho_p \cdot \tau_v \cdot \varphi \end{aligned} \quad [5.14]$$

$$h_2 \cdot A \cdot T_{vi} + (\dot{m} \cdot C_p + h_2 \cdot A + h_3 \cdot A) \cdot T_a - h_3 \cdot A \cdot T_p = \dot{m} \cdot C_p \cdot T_{inf} \quad [5.15]$$

$$\begin{aligned} -h_{rvp} \cdot A \cdot T_{vi} - h_3 \cdot A \cdot T_a + \left(h_{rvp} \cdot A + h_3 \cdot A + \frac{1}{R_{ais}} \right) \cdot T_a - \frac{T_{ce}}{R_{ais}} \\ = \frac{\alpha_p \cdot \tau_v \cdot \varphi}{1 - \rho_p \cdot \rho_v} \end{aligned} \quad [5.16]$$

$$-\frac{T_{ce}}{R_{ais}} + \left(h_4 \cdot A + \frac{1}{R_{ais}} \right) = h_4 \cdot A \cdot T_{inf} \quad [5.17]$$

Expresado en forma matricial:

$$\begin{bmatrix}
 \left(h_{rve} \cdot A + \frac{1}{R_v} + h_1 \cdot A \right) & -\frac{1}{R_v} & 0 & 0 & 0 \\
 -\frac{1}{R_v} & \left(h_{rpv} \cdot A + h_2 \cdot A + \frac{1}{R_v} \right) & -h_2 \cdot A & -h_{rpv} \cdot A & 0 \\
 0 & -h_2 \cdot A & (m \cdot C_p + h_2 \cdot A + h_3 \cdot A) & -h_3 \cdot A & 0 \\
 0 & -h_{rpv} \cdot A & -h_3 \cdot A & \left(h_{rpv} \cdot A + h_3 \cdot A + \frac{1}{R_{tc}} \right) & -\frac{1}{R_{tc}} \\
 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{R_{tc}} & h_4 \cdot A + \frac{1}{R_{tc}}
 \end{bmatrix}
 \begin{pmatrix}
 T_{ve} \\
 T_{vi} \\
 T_{aire} \\
 T_p \\
 T_{ce}
 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix}
 \alpha_v \cdot \varphi + h_1 \cdot A \cdot T_{inf} + h_{rve} \cdot A \cdot T_{cielo} \\
 \alpha_v \cdot \tau_v \cdot \rho_v \cdot \varphi \\
 m \cdot C_p \cdot T_{inf} \\
 \frac{\alpha_p \cdot \tau_v \cdot \varphi}{1 - \rho_p \cdot \rho_v} \\
 h_4 \cdot A \cdot T_{inf}
 \end{pmatrix} \quad [5.18]$$

Esta ecuación matricial es la que será introducida en MATLAB. Aunque para resolverla, debemos calcular previamente todos los términos de la matriz de coeficientes (coeficientes de transferencia de calor) y de vector de términos independientes. A continuación mostraremos como calculamos estos coeficientes.

- Coeficientes de transferencia de calor por convección:

- o Entre el vidrio interior y el aire (h2) y entre la caja y el aire (h4):

Esta geometría corresponde a la superficie inferior una placa plana inclinada sumergida en un fluido más frío que ella. En estas condiciones el flujo tiende a pegarse a la placa y no hay penachos. La correlación escogida ha sido obtenida de Incropera [1]

$$Nu = 0.68 + \frac{0.670 \cdot Ra^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + (0.492 / Pr)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{4}{9}}} \quad [5.19]$$

- o Entre el vidrio exterior y el aire (h1) y entre la placa absorbente y el aire (h3):

Esta geometría corresponde a la superficie superior de una placa plana sumergida en un fluido más frío. El flujo tiende a separarse de la superficie generando penachos que están fuertemente influenciados por el ángulo de inclinación β . Este tipo de flujo aumenta el mezclado del aire y mejora la transferencia de calor. La correlación escogida ha sido obtenida de Holman [3].

Dicha correlación compara el valor del número de Grashof con un valor crítico (válido para inclinaciones de menos de 30°).

$$Gr_c = 5 \cdot 10^9 - \left(\frac{3}{15}\right) \cdot 10^9 \cdot (\beta - 15) \quad [5.20]$$

Si el número de Grashof calculado como es inferior a ese valor crítico el número de Nusselt se calcula mediante la ecuación [5.21], en caso contrario se utilizara la ecuación [5.22].

$$Nu = 0.56 \cdot [Ra \cdot \cos(\beta)]^{\frac{1}{4}} \quad [5.21]$$

$$Nu = 0.14 \cdot \left[Ra^{\frac{1}{3}} - (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{3}} + (0.56 \cdot Ra \cdot \cos(\beta)) \right]^{\frac{1}{4}} \quad [5.22]$$

En todas las correlaciones se introdujo el número de Rayleigh corregido con la inclinación correspondiente:

$$Ra = \frac{g \cdot \cos(\beta) \cdot (T_s - T_\infty) \cdot S^3}{\nu \cdot \alpha} \quad [5.23]$$

- Coeficientes de transferencia de calor por radiación.

Con el cálculo de estos coeficientes podemos linealizar la transferencia de calor por radiación e introducirlo en un sistema de ecuaciones lineales. De esta forma se puede tener en cuenta el factor de forma y el hecho de que la transferencia por radiación es proporcional a la diferencia de temperaturas a la cuarta potencia simultáneamente.

- o Entre la placa y la cubierta de vidrio:

$$h_{rpv} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_{vi}^2) \cdot (T_p + T_{ci})}{\left(\frac{1}{\epsilon_p}\right) + \left(\frac{1}{\epsilon_v}\right) - 1} \quad [5.24]$$

- Entre la cubierta y el ambiente:

$$h_{rvs} = \varepsilon_v \cdot \sigma \cdot (T_v^2 + T_{cielo}^2) \cdot (T_p + T_{cv}) \quad [5.25]$$

- Resistencias térmicas a la conducción:

- Entre la placa y el exterior:

Como describiremos en el apartado 3, el aislante del secador consiste en placas de cartón colocadas de manera irregular a fin de dejar pequeños espacios con aire. Dichos espacios no superarán el grosor de una lámina de cartón. Teniendo en cuenta además que el calor llega desde arriba podemos suponer que no hay convección en los espacios por aire. Así que el calor se transmitirá a través de estos por conducción.

También hay que tener en cuenta la cubierta exterior del colector, situada a continuación del aislante. Esta cubierta está formada por una lámina de fibrocemento.

El valor de la resistencia térmica será por tanto:

$$R_{ais} = \frac{e_{carton}}{K_{carton} \cdot A} + \frac{e_{aire}}{K_{aire} \cdot A} + \frac{e_{cemento}}{K_{cemento} \cdot A} \quad [5.26]$$

- A través del vidrio

$$R_v = \frac{e_{vidrio}}{K_{vidrio} \cdot A} \quad [5.27]$$

Conocemos casi todos los valores del vector de términos independientes, ya que son condiciones ambientales medibles directamente. A excepción de dos:

- Temperatura del cielo: La temperatura del cielo se usa para simular las pérdidas de calor por radiación desde la superficie exterior del vidrio.

Dicha transferencia de calor depende de muchos factores, como la transparencia atmosférica, la presencia de vapor de agua (que absorbe la radiación infrarroja) etc. Pero en Duffie and beckman [2] encontramos la siguiente correlación empírica en función de la temperatura seca y la temperatura de rocío.

$$T_{cielo} = T_{mf} \left[0.711 + (5.6 \cdot 10^{-3} \cdot (T_r - 273.16)) + (7.3 \cdot 10^{-5} \cdot (T_r - 273.16)^2) + \left(1.2 \cdot 10^{-2} \cos \left(15 \cdot t_h \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) \right]^{\frac{1}{4}} \quad [5.28]$$

- Gasto másico: El gasto que fluye a través del colector esta generado por la convección natural. La flotabilidad del aire caliente induce una diferencia de presión a través del colector que impulsa al aire a través de él. Dicha diferencia de presión es calculada mediante la siguiente expresión tomada de L.M. Siemate [9].

$$T_{ctelo} = T_{mf} \left[0.711 + (5.6 \cdot 10^{-3} \cdot (T_r - 273.16)) + (7.3 \cdot 10^{-5} \cdot (T_r - 273.16)^2) + \left(1.2 \cdot 10^{-2} \cos \left(15 \cdot t_h \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) \right]^{\frac{1}{4}} \quad [5.28]$$

A su vez el aire experimenta una resistencia al avance debido al rozamiento por las paredes, lo cual origina una caída de presión calculada proporcional al flujo:

$$\Delta P_{caida} = \frac{\dot{m}^2 \cdot f \cdot L}{2 \cdot \rho_a \cdot d_h} \quad [5.31]$$

El factor de fricción se calculara con la iteracion de Colebrook [13]. En dicha iteracion se calcula un valor inicial f dado por la ecuacion [5.32]. ese valor se introduce en la ecuacion [5.33] obteniendone un nuevo valor de f , que volveremos a introducir en la ecuacion [5.33] hasta que la diferencia entre dos valores consecutivos sea menor que un valor prefijado. En nuestro caso dicho error fue de 10^{-6} .

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{rug}{rh \cdot 3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad [5.32]$$

$$f = \frac{1}{\left[-2 \cdot \log_{10} \left(\frac{rug}{rh \cdot 3.7} + \frac{2.51}{Re \cdot (f)^{0.5}} \right) \right]^2} \quad [5.33]$$

Al ser un proceso de convección natural las ecuaciones de conservación están acopladas. Esto implica que no se puede resolver el problema térmico sin conocer el gasto y al mismo tiempo este depende del resultado del problema térmico. Esto tiene una solución sencilla planteando una solución iterativa. El proceso de resolución será el siguiente:

- **Paso 1** Primero inicializamos el programa con unas temperaturas y con un gasto concretos.
- **Paso 2** Calculamos todos los coeficientes y términos independientes del sistema de ecuaciones [5.8]-[5.12].

- **Paso 3** Resolvemos el problema térmico con dichos coeficientes. Obtenemos las temperaturas de todas las partes del colector y la temperatura de salida del aire.
- **Paso 4** Finalmente recalculamos el gasto y coeficientes correspondientes a las nuevas temperaturas y volvemos al paso 2.

La condición de salida del bucle será que el valor de las temperaturas entre 2 iteraciones sucesivas sea menor a .

5.3) Resultados

En esta sección compararemos los resultados ofrecidos por el modelo con los resultados experimentales. Aquí sólo mostraremos los valores experimentales, los detalles de cómo se han calculado serán analizados en el apartado 3.

Esta comparación nos servirá para saber el grado de precisión que alcanzaremos en las predicciones que realicemos, por ejemplo calcular la temperatura a la salida bajo otras condiciones ambientales más favorables.

Para que la comparación sea lo más exacta posible utilizaremos los valores medidos en el colector como datos de entrada en el Matlab. En las figuras 5.3, 5.4 y 5.5 mostramos una comparación entre las temperaturas, rendimientos y gastos medidos y los respectivos calculados por el programa.

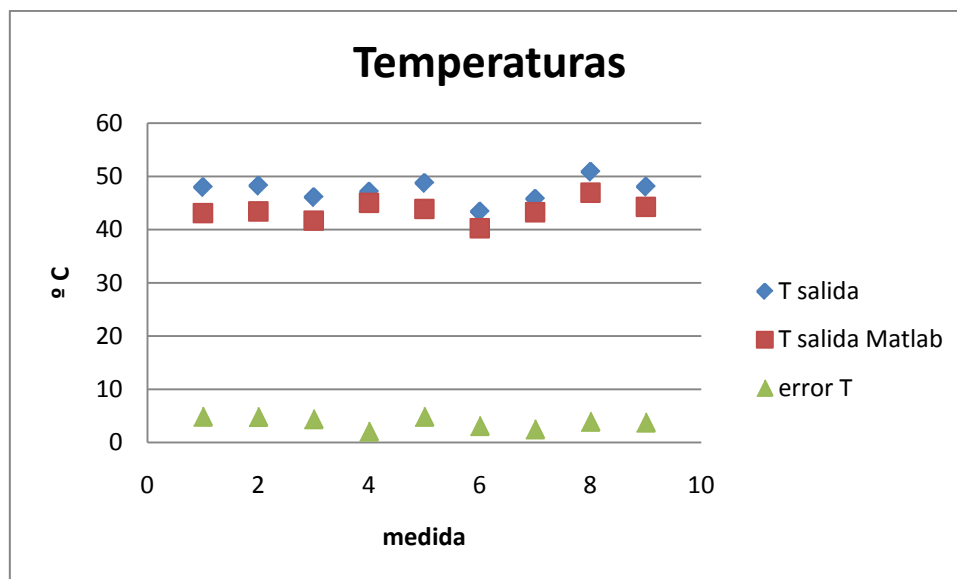


Figura 5.3 Comparación entre la temperatura medida y calculada

Como podemos observar en la figura 5.3, la predicción de las temperaturas de salida se ajusta con bastante precisión a los datos recogidos, aunque siempre permanecen por debajo. Esto se debe a que el problema térmico hemos subestimado la transferencia de calor a fin de simplificar el modelo. Por este motivo los cálculos obtenidos son conservadores.

También observamos que los valores calculados tienen una forma similar a la de los valores medidos. Sumado al hecho de que la curva correspondiente a los errores es bastante horizontal, nos dice que la resolución del problema térmico sigue bien los cambios de temperatura producidos por los cambios en las condiciones ambientales.

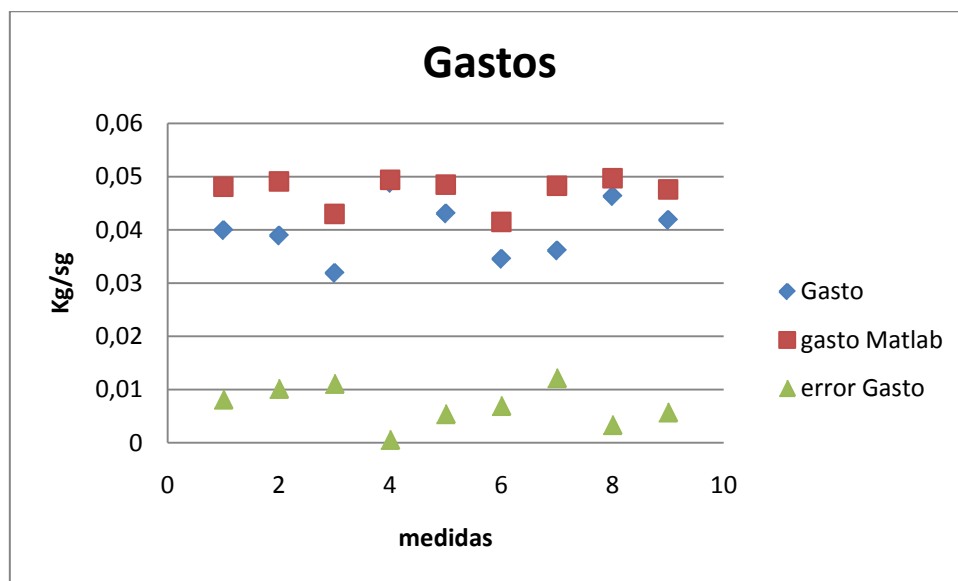


Figura 5.4 Comparación entre el gasto medido y el calculado

Al contrario que en el problema térmico, donde ofrecíamos datos conservadores, en el cálculo de los gastos nos encontramos con valores mayores de los medidos (en la figura 5.4 los errores aparecen en valor absoluto) Es posible que esto ocurra por la correlación del factor de fricción utilizada.

También podemos observar en la figura 5.4 es que el cálculo del gasto describe relativamente bien las variaciones del gasto ya que observamos una variación similar en los valores medidos y en los calculados y una curva de errores relativamente horizontal.

Por lo tanto nos damos cuenta que la solución del problema térmico es más exacta que la parte hidrodinámica, contrariamente a lo que podíamos esperar dado la complejidad de la primera con respecto a la última.

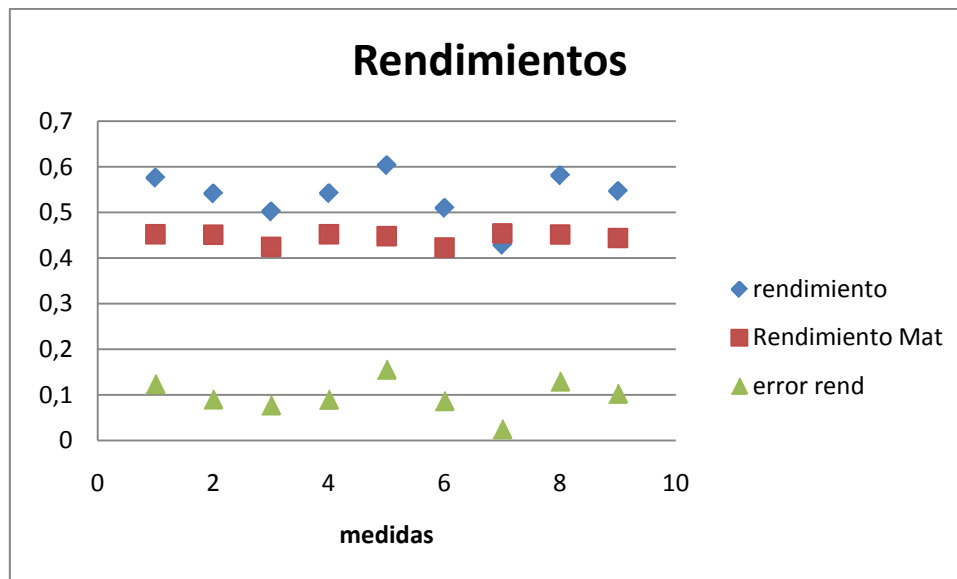


Figura 5.5 Comparación entre el rendimiento medido y el calculado

Finalmente, en la figura 5.5 comparamos los rendimientos térmicos medidos con los calculados. Como es lógico los cálculos del rendimiento arrastran los errores de ambas partes del problema. Por tanto la predicción del rendimiento arroja un mayor error que en el caso de las temperaturas o los gastos.

También observamos que el rendimiento no predice demasiado bien los cambios de rendimiento térmico debido al cambio de condiciones ambientales.

A continuación, en la Tabla 2.1 mostramos tanto los errores absolutos como los relativos (expresados en tanto por cien) si lo comparamos con el error promedio mostrado en la tabla 5.2, vemos que los errores obtenidos en el modelo son coherentes.

	Temperatura	Gasto	Rendimiento
Error relativo medio	8,06 %	18,90 %	17,78 %
Error absoluto medio	3,83 °C	0,0071 Kg/sg	0,10

Tabla 2.1 Errores del de los resultados calculados

En la tabla 2.2 mostramos el cálculo de las pérdidas del colector a partir de los datos correspondientes a los ensayos de la sección 3.2.



Inclinación	Ensayo	Radiación vidrio (W)	Convección vidrio (W)	Pérdidas aislante (W)
10	1	197,51	115,35	85,00
	2	212,36	120,73	88,93
	3	189,06	72,11	67,49
15	1	219,19	130,32	92,66
	2	216,27	118,96	88,64
	3	173,09	65,79	62,91
20	1	202,14	125,38	89,31
	2	231,97	141,54	97,52
	3	219,84	116,17	87,96
media	-	206,83	111,82	84,49

Tabla 2.2 Pérdidas calculadas

Como podemos apreciar en la tabla 2.2, la mayor parte de las pérdidas (un promedio del 79%) ocurren en el vidrio. Hay que tener en cuenta que el vidrio está más caliente que el aire que pasa bajo el, así que todo el calor que emite el vidrio es entregado por la placa por radiación (salvo la pequeña parte que el vidrio absorbe de la radiación incidente). Por tanto reducir la temperatura de la placa (aumentando el coeficiente de convección aire-placa) aumentara apreciablemente el rendimiento del colector.



Capítulo 6

Análisis de resultados

En este apartado mostraremos un resumen de los resultados obtenidos de los experimentos, haciendo una valoración de los mismos. De estos resultados podremos extraer conclusiones que nos digan cómo mejorar el secador. Los resultados principales del estudio se dividen en tres categorías: Tiempo de secado, calidad del secado y caracterización del funcionamiento.

6.1) Tiempo de secado

Los experimentos de secado demuestran se pueden reducir los tiempos de secado de varios meses secando a la intemperie a días o semanas en el secador. En la tabla 6.1 mostramos un resumen de los resultados mostrados en el apartado 4,1).



Muestra	Espesor de la tabla (cm)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Tiempo (h)
Pino	2,54	28,29	15,47	92
Cedro Macho	2,54	31	17,4	219
	5,08	31	10,3	219
Cedro Real	2	46,36	28,5	110
	2,54	44,12	21,07	110
	4	46,36	35,5	110
	5,08	44,12	32,94	110
Granadillo	2,54	16,69	9,63	92

Tabla 6.1 Humedades finales obtenidas en el secador solar y el tiempo requerido

En nuestros ensayos vemos que partiendo de un nivel razonable de humedad inicial (del orden del punto de saturación de las fibras, a un 30%) llegamos a valores por debajo del 18% en tiempos de aproximadamente 100 horas para las tablas de 1 pulgada de espesor y de 220 horas en el caso de tablas de 2 pulgadas.

En las muestras de cedro real no se pudieron alcanzar estos valores debido al tiempo disponible para el ensayo, aún así los cálculos realizados en 4.1.4) mostraron que se podrían alcanza humedades del 16% en las tablas de 2 pulgadas al cabo de 400 horas en tablas de 2 pulgadas, así como humedades del 10% en 350 horas para tablas de 1 pulgada partiendo de una humedad inicial de 46%.

Como es natural, el espesor de las tablas juega un papel muy importante en el tiempo de secado y, posiblemente, se tardaría mucho tiempo en secar tablas de espesores superiores a 5 cm, pero esto no es una limitación demasiado importante ya que los espesores que se suelen manejar habitualmente son iguales o inferiores.

Además, trabajar con espesores muy elevados aumenta las posibilidades de que se manifiesten defectos (como grietas) en la madera, teniendo en cuenta la falta de control sobre las condiciones del secado, utilizar en el secador solar espesores mayores podría generar problemas. El problema de los defectos será tratado en el apartado 6.2).

6.2) Calidad del secado

Como comentamos en el apartado 2.1.8, este es un factor crucial para la viabilidad del secador, debido a que la demanda de madera secada es para aplicaciones de construcción y fabricación de productos. Por lo tanto que el producto final sea de calidad es fundamental para que el secado merezca la pena.

En nuestros experimentos detectamos numerosas grietas en las muestras, si bien hay que distinguir entre las grietas debidas a la madera y las debidas al secado (ver apartado 2.1.8). Hemos de señalar que los defectos debidos a la calidad de la madera original son, en su mayoría, inevitables.

En nuestros experimentos encontramos algunos de los debidos a la calidad de la madera inicial, tales como la acebolladura, grietas de médula y rajado debido a tensiones internas. En la figura 6.1, podemos observar algunos de estos defectos marcados con un rectángulo.

En las figuras 6.2 y 6.3 podemos observar con mayor detalle estas grietas encontradas en las muestras de cedro macho que aparecen en la figura 6.1.

En la figura 6.4 podemos observar una grieta de médula que apareció al secar el pino.

Si bien la mayoría de los defectos que encontramos en nuestras muestras son debidos a la propia madera, también encontramos algunos debidos a un proceso de secado demasiado severo. En concreto observamos en algunas muestras de pino y Cedro Macho grietas externas y grietas de testa.

En la figura 6.1 encontramos grietas externas en el secado de Cedro Macho marcadas con círculos. En algunas muestras de granadillo también se observaron grietas externas. Otra de las tablas de esa misma muestra presento grietas de testa. Dicha tabla se muestra en la figura 6.5. En el ensayo de secado con pino encontramos una tabla afectada por este mismo defecto.

La única muestra que no presento defecto alguno fue la de Cedro Real, si bien hay que señalar que las tablas de 1,6 y 2 pulgadas (las más gruesas y por tanto las que más posibilidades de agrietarse tienen) apenas rebasaron el punto de saturación de las fibras, momento por debajo del cual la aparición de defectos es más probable.

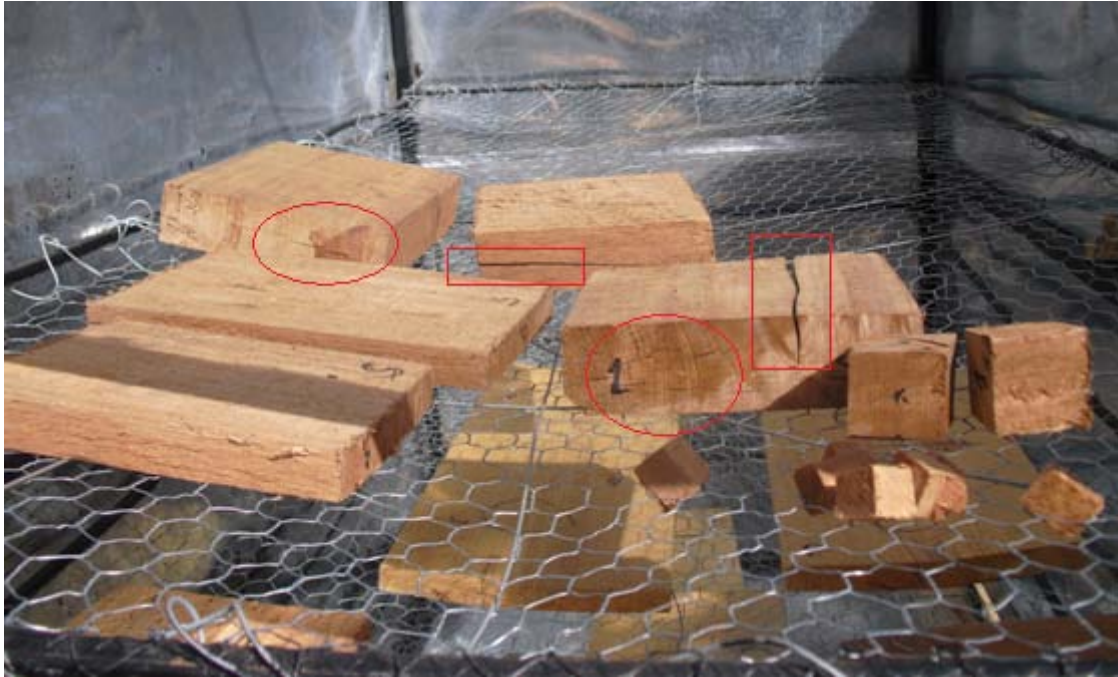


Figura 6.1 defectos encontrados en el secado del cedro macho



Figura 6.2 Grieta de médula observada en Cedro Macho



Figura 6.3 Acebolladura observada en Cedro Macho



Figura 6.4 Grieta de médula observada en pino



Figura 6.5 Grietas de Testa encontradas en el Cedro Macho

La presencia de estos defectos nos dice que las condiciones reinantes en la cámara de secado son demasiado intensas. En concreto en las horas centrales del día la humedad relativa en el interior de la cámara estaba entorno al 15%, este valor es excesivamente bajo, sobre todo en las etapas iniciales del proceso.

Otro factor importante es el de la colocación de las tablas en el secador. Si no se colocan correctamente pueden aparecer deformaciones o amplificar las deformaciones propias a la anisotropía de la madera. Aplicado a nuestro caso, debido a que las bandejas son flexibles, es necesario darles la vuelta por 1 menos una vez al día para evitar deformaciones.

6.3) Caracterización del funcionamiento

Para la caracterización del secador se utilizaron dos sensores con memoria que permitieron hacer una toma continua de datos. Gracias a estos datos se ha podido determinar el funcionamiento del secador tal como se describe en el apartado 3.2. En este mismo apartado se discuten los resultados obtenidos con detalle, aquí mostraremos un resumen de los mismos:

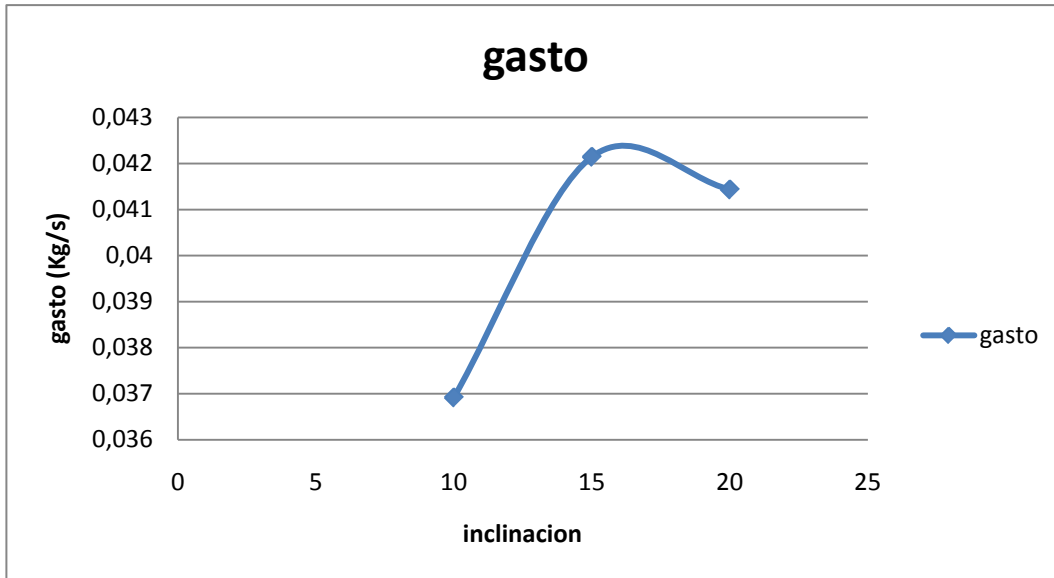


Figura 6.5 Gasto que circula por el secador

En la figura 6.5 se puede apreciar la variación del gasto de aire que circula por el colector (y por tanto por todo el secador) con un valor medio de 0.0405 kg/sg. Aunque la variación del gasto con la inclinación no es muy grande (tiene un valor aproximado de $\pm 5\%$) observamos que los mayores valores obtenidos corresponden a una inclinación de 15°

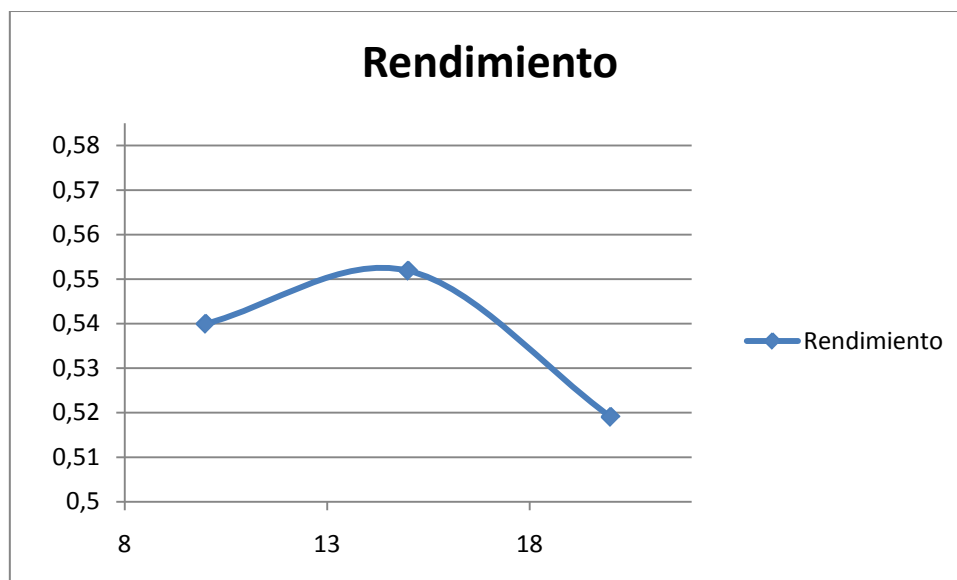


Figura 6.6 rendimientos térmicos del colector

En la figura 6.6 observamos el rendimiento térmico obtenido en el colector térmico. Observamos un rendimiento bastante elevado, de entre 52% y el 55%, debido principalmente a que el aire de su interior no se calienta demasiado (como mucho a unos 51°C).

En la figura 6.7 mostramos la evolución del aire al atravesar el colector y la cámara de secado. como dijimos en el apartado 3.2.3) punto 1 corresponde al ambiente, el punto 2 a la salida del colector térmico y el punto 3 a la salida del secador.

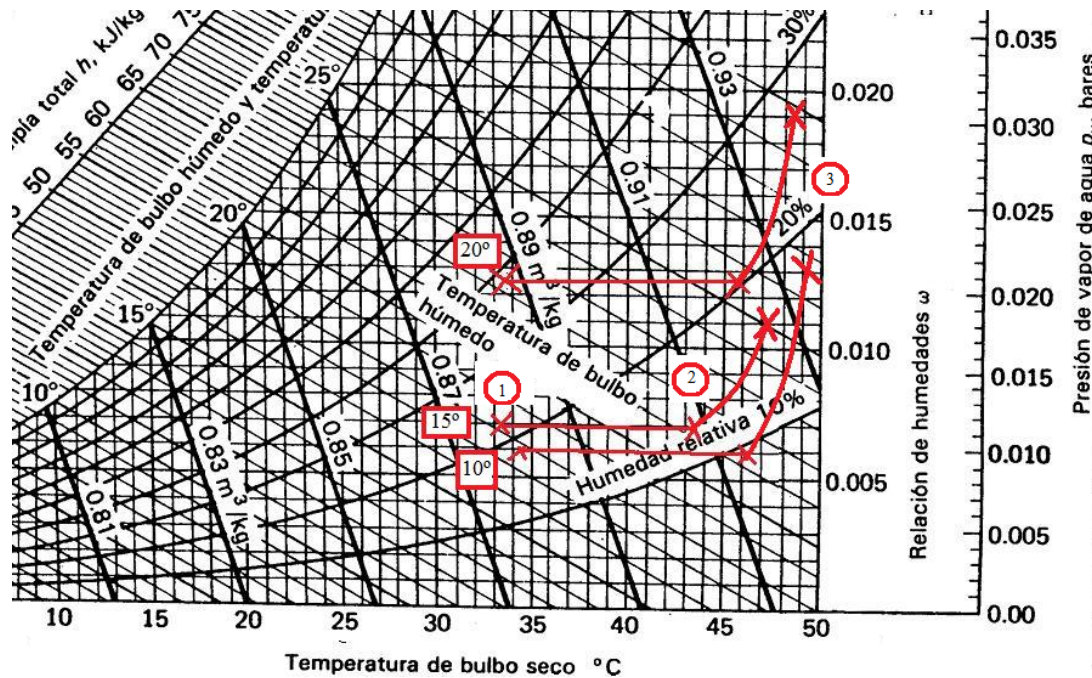


Figura 6.7

Como podemos observar en la figura la evolución es muy similar para las tres inclinaciones, la diferencia entre las 3 curvas radica en que las condiciones ambientales son diferentes. Entre los puntos 1 y 2, durante el avance por el colector, el aire experimenta un aumento de temperatura a humedad absoluta constante.

Entre los puntos 2 y 3 ocurre el secado, aumentando la humedad del aire. Vemos que también aumenta la temperatura del aire, esto es debido al aporte extra de energía en la cámara debida al vidrio del techo. De ser un secador de tipo indirecto observaríamos una disminución de la temperatura del aire, ya que la evaporación del agua extraería energía de la corriente. Como ya dijimos en el apartado 3.2.3) esto es beneficioso tanto por mantener la temperatura de la cámara elevada como por mejorar la circulación natural del aire a través de la pila de madera.



Capítulo 7

Conclusiones y posibles mejoras:

7.1) Conclusiones

Los objetivos de este proyecto eran la construcción y el estudio del funcionamiento de un secador solar usando un método experimental. La filosofía del proyecto ha sido la de conseguir resultados efectivos con el coste más bajo posible, para ello se utilizaron componentes baratos para su construcción e incluso se consiguió aprovechar componentes inservibles, tales como gomas de cámaras de motocicleta para conseguir el sellado de la puerta.

Una vez terminada la fase de construcción y puesta a punto se inicio la búsqueda de maderas con las que experimentar, lamentablemente al principio sólo pudimos encontrar Pino, pero al cabo del tiempo pudimos encontrar también algunas muestras de Cedro macho y Granadillo y, finalmente, encontramos muestras de Cedro Real. Con todas estas especies se realizaron diferentes conjuntos de muestras de diferentes geometrías tanto para los hornos como para el secador solar, de esta forma se pudo estudiar la influencia del espesor en el tiempo de secado tanto en los hornos como en el secador, confirmando lo que podemos encontrar en la bibliografía, es decir, que el espesor influye notablemente en la velocidad de secado, siendo muy difícil secar en el secador solar tablas de más de 2 pulgadas de espesor



Durante la etapa de los ensayos se registro el peso de la madera conforme se iba secando. En los hornos se realizaron experimentos a temperaturas constantes de 45° y 55°, temperaturas que definían un límite inferior y superior de las temperaturas alcanzadas por el secador solar. De esta forma se determino el tiempo necesario para conseguir el secado de las piezas desde el estado verde en un horno que funciona permanentemente. También se estudio la influencia del caudal de aire de renovación, comparando el tiempo necesario para el secado con un flujo forzado, con un flujo natural al 50% y con un flujo natural al 100%. Se observo que efectivamente un aumento del caudal de aire provoca un tímido aumento en la velocidad de secado, si consultamos la bibliografía [4],[5] veremos que este aumento tiene un límite, por encima del cual aumentar el gasto de aire no disminuye el tiempo de secado. Dicho gasto es tal que mantenga la humedad relativa de la cámara a unos niveles adecuados

Se experimentó en el secador solar con todas las maderas ensayadas en los hornos convencionales. Para dichos ensayos se tomo un día completamente soleado y con poco viento, además el día elegido fue el 18 de diciembre, es decir, el día más desfavorable posible. Estos ensayos por sí solos nos permiten evaluar el comportamiento del secador, ya que, aunque la toma de datos empíricos arroja luz sobre su funcionamiento, medir a la velocidad a la que se secan las maderas y conocer el tiempo necesario para secar las piezas desde el estado verde hasta un nivel de humedad apto para su uso es lo que realmente nos indica el verdadero potencial del secador.

Observamos que la presencia de los ciclos de noche y día aumenta notablemente el tiempo necesario para secar las piezas, los ensayos en el secador solar tuvieron una duración de aproximadamente una semana días cada uno, mientras que en los hornos convencionales apenas se necesitaban 3 días para secar completamente las piezas.

Esto no es sólo debido a que por la noche el proceso se detiene, también hay que tener en cuenta que por la noche la humedad relativa aumenta hasta valores próximos al 100% y que la temperatura ambiente disminuye, por lo tanto la humedad de equilibrio higroscópico aumenta hasta valores del 16-18%. Esto implica que el proceso de secado puede llegar a revertirse durante la noche cuando el contenido de humedad de las piezas disminuye por debajo del 16%, lo que aumenta sensiblemente el tiempo de secado.

También se constató que es necesario poner atención en el control del proceso y en las condiciones higrométricas reinantes en la cámara de secado, pues unas condiciones de secado demasiado severas provocan la aparición de defectos en las piezas.

Por otro lado se utilizaron sensores para realizar medidas de las variables dominantes del proceso, a saber, temperatura, velocidad y humedad relativa del aire. Dichas medidas permitieron calcular el rendimiento del colector, las condiciones higroscópicas en el interior de la cámara de secado, lo que nos permitió identificar la causa más probable de aparición de grietas en las piezas finales. También pudimos medir la temperatura y velocidad del flujo natural impulsado por el colector, dándonos una idea de la capacidad de ventilación disponible para eliminar la humedad de manera efectiva.

Estos experimentos se realizaron para 3 ángulos de inclinación diferentes, a saber, 10°, 15° y 20°. Estos ángulos de inclinación fueron elegidos debido a que la latitud de Estelí, ciudad donde se ha ubicado el secador es de 13,28° Norte.

Asimismo se realizó un modelo matemático del colector térmico, Este modelo no nos permite hacer predicciones precisas sobre el comportamiento del secador debido a que el error encontrado es importante, pero nos permite hacernos una idea del funcionamiento interno del colector. Tanto como para sacar conclusiones de tipo cualitativo, como, por ejemplo, que la mayor parte de las pérdidas ocurren a través del vidrio, ya que este intercambia calor por radiación con la placa absorbente, que está muy caliente, y aumenta su temperatura, evacuando después ese calor por radiación y convección al ambiente.

Esto nos indica que para mejorar el rendimiento del colector debemos disminuir la temperatura de la cubierta transparente, ya que aislar más el colector por su parte inferior no mejorará demasiado su funcionamiento. Sin embargo si mejoramos la transferencia de calor placa-aire podemos mejorar sensiblemente el desempeño del colector, ya que la temperatura de la placa disminuiría y la cantidad de calor que cede a la cubierta de vidrio también disminuiría.

En general, vemos que el potencial del secador solar es elevado, ya que se consigue reducir el tiempo de secado a días o semanas frente a los meses que tardaría en secarse un lote de madera al aire libre. Además, se consigue mediante un secador de bajo coste y sencillo de construir, que está al alcance de pequeños aserraderos y carpinterías con pocos recursos económicos.

7.2) Posibles mejoras

A la vista de la aparición de defectos con cierta frecuencia, llegamos a la conclusión que durante días soleados o calurosos las condiciones de secado pueden ser demasiado severas. Por tanto es preciso, bien controlar el proceso de alguna manera, bien reducir la intensidad del secado.

Como apuntamos en la sección 2.1.8, la severidad del secado está más relacionada más con la baja humedad relativa que con las altas temperaturas.

Por lo tanto es necesario mantener la humedad relativa por encima de los niveles de seguridad, sobre todo en las etapas iniciales de secado. Por lo tanto, añadamos o no elementos de control al secador, es necesario mantener la humedad del aire en los niveles permitidos, para ello debemos inyectar agua en la corriente a la salida del secador.

En la industria esto se realiza bien mediante aspersores que pulverizan agua en estado líquido, bien mediante cubas llenas de agua, donde el agua se evapora para incorporarse a la corriente ya en forma de vapor. A su vez controlan las condiciones higrométricas de

la cámara con un termostato y un humidostato. Cuando las condiciones de secado no son las apropiadas aumentan el flujo de aire (movido por ventiladores), abren trampillas de ventilación o inyectan agua.

Esta sería una solución efectiva en el ámbito industrial. Sin embargo hemos de recordar que este proyecto está orientado fundamentalmente para ser acometido por pequeños productores en un país en vías de desarrollo. Un sistema de control de estas características esta fuera del alcance de estas personas.

Un sistema alternativo de introducir agua usando la propia energía térmica del colector solar. Esto presenta el problema de que la energía de que disponemos es limitada. Dicha energía ha sido empleada hasta ahora en calentar el aire y acelerarlo hasta la velocidad de salida. Si añadimos la necesidad de evaporar cierta cantidad de agua antes de entrar en la cámara de secado podríamos encontrarnos con que la temperatura disminuye excesivamente. Si esto ocurriera sería necesario alargar el colector para mantener elevada la temperatura del proceso.

Suponiendo que la temperatura sea suficiente, se podrían colocar cubas de agua de poca profundidad en el interior de la cámara de secado de manera que el agua se evaporase de manera natural. Cuantas más cubas coloquemos mayor será la humedad relativa y menor la temperatura en el secador. Es decir, que variando el número de cubas de agua podemos obtener un cierto control sobre las condiciones internas.

Otra posibilidad pasaría por colocar a la salida del colector unos cordones de algodón, paños enrollados o cualquier tejido que absorba agua. Dicho agua se suministraría desde una cuba situada debajo, fuera de la cámara de secado. De esta forma el agua sería absorbida de la cuba y añadida a la corriente al evaporarse de los paños. En la figura 7.6 mostramos un esquema visto desde un lateral.

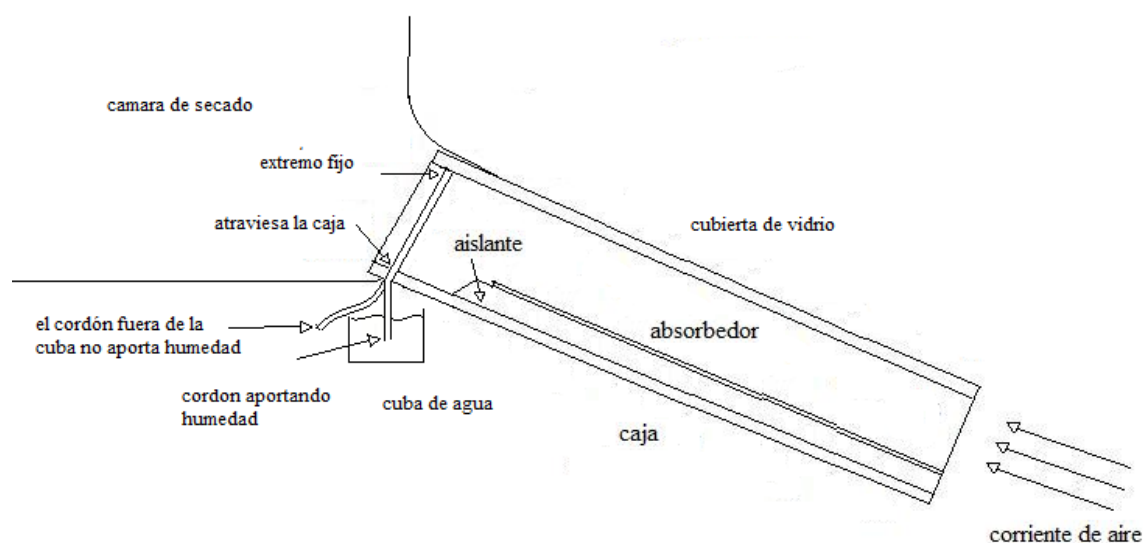


Figura 7.6 Posibilidad de humectar el aire a la salida



Si colocamos varios cordones fijos a lo largo de la salida del colector, pero dejamos suelta la parte inferior sumergida en la cuba, podemos controlar la cantidad de agua que añadimos a la corriente. Para ello sólo tenemos que introducir o extraer los cordones de la cuba, según estemos en un día muy soleado y cálido o en un día con poco sol. Al sacar los cordones del agua se secarían completamente y dejarían de suministrar agua. De esta forma también lograríamos cierto control, con la ventaja de no tener que abrir y cerrar la cámara continuamente.

Sea cual sea el método empleado, añadir agua de esta forma nos proporciona un rudimentario control sobre el proceso, para ejercer este control de manera correcta se necesitaría un estudio previo, midiendo las humedades y temperaturas obtenidas en función de la cantidad de agua añadida, hasta lograr predecir con cierta aproximación la humedad obtenida en función del número de cubas o cordones expuestos. Además será necesario vigilar cómo evoluciona la madera. Ya que si vemos que aparecen las grietas superficiales deberemos suavizar el secado de inmediato para que no aparezcan más defectos.

Por otro lado, aunque las temperaturas obtenidas son suficientes y los ensayos demuestran un secado relativamente rápido, es deseable aumentar un poco la temperatura de proceso, sobre todo si aumentamos la humedad relativa. Por tanto Podría ser interesante modificar el colector para lograr una mayor temperatura. Existen varias posibilidades:

- haciéndolo más largo, sin modificar su diseño.
- Utilizando un colector suspendido, bien de doble paso, bien de flujo paralelo, aunque en este caso convendría alargarlo también.
- Utilizando un colector aleteado.

Las dos últimas modificaciones en el colector mejorarán la transferencia de calor placaire, con lo que se conseguiría aumentar la temperatura (y por tanto la impulsión generada) así como el rendimiento del mismo.



Bibliografía:

- [1] Fundamentos de transferencia de calor, Frank P. Incropera, David P. De Witt
- [2] Solar Engineering, of Rhermal Processes John A.Duffie , William A. Beckman
- [3] Holman
- [4] Fundamentos teóricos del secado de maderas, H. Alvarez Noves, J.I. Fernandez Golfín
- [5] Manual Técnico de secado de maderas J.I. Fernandez Golfín, Marta Conde
- [6] Solar-energy drying systems: A review. Atul Sharma et al
- [7] Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology. O.V.Ekechukwu, B.Nortonb
- [8] Review of solar-energy drying systems III: low temperature air-heating solar collectors for crop drying applications. O.V.Ekechukwu ,B.Norton b
- [9] Simulation of the mixed-mode Natural Convection Sorar drying of maize I.N.Simate
- [10] Simulation of a new concept of an indirect solar dryer equipped
With offset rectangular plate fin absorber-plate S.Youcef-Ali and J.Y.Desmons
- [11] Experimental investigation of an indirect type Natural convection solar dryer
A.A.El-Sebail et al
- [12] UNE-CEN/TS 14774-1



Anexo A: Glosario de variables.

- = Radiacion solar en el plano inclinado
- = reflectividad de la placa absorbente (onda larga)
- = absortividad de la placa absorbente (onda larga)
- = reflectividad del vidrio (onda larga)
- = emisividad de la placa (onda corta)
- =transmisividad del vidrio (onda larga)
- =absortividad del vidrio (onda larga)
- = emisividad del vidrio (onda corta)
 - = coeficiente de transferencia por radiación linalizado entre el vidrio y el cielo
 - = coeficiente de transferencia por radiación linalizado entre el vidrio y la placa
 - = Temperatura equivalente del cielo
- =Temperatura de la superficie externa del vidrio
- =Temperatura de la superficie interna del vidrio
- =Temperatura de la placa
- =Temperatura de la superficie exterior de la caja
- =Resistecia térmica a la conducción de la cubierta de vidrio
 - =resistencia térmica a la conducción del aislante
 - =coeficiente de convección entre la cubierta inferior y el ambiente
 - =coeficiente de convección sobre la corriente de aire desde la placa absorbente y la cubierta de vidrio
 - =coeficiente de convección éntre la superfice exterior del vidrio y el ambiente
- =coeficiente de flotabilidad del aire



Anexo B: código numérico completo.

Clc

Clear

declinacion= $(-23.45) * (\pi/180)$;

phi= $13.28 * (\pi/180)$;

%datos de entrada

Nen=9;

ensayo=[101,102,103,151,152,153,201,202,203];

hora=[10.66,12.25,14.25,11,12.8,14.75,10,11.6,13.5]; %hora despues de medianoche

humedad=[0.016,0.0097,0.006,0.0106,0.0088,0.007,0.0126,0.0105,0.0077];

Trocio=[16,13,6.25,14.5,11.75,9,17.25,15,10.25]+273.16;

radh=[914,987.5,678.92,979.75,936,555.2,838.66,1024.36,864.75];

theta=[10,10,10,15,15,15,20,20,20]* $(\pi/180)$; %inclinacion del colector

Whora= $15 * (\text{hora} - 12) * (\pi/180)$;

thetaz= $\text{acos}((\cos(\text{declinacion}) * \cos(\text{phi}) * \cos(\text{Whora})) + (\sin(\text{declinacion}) * \sin(\text{phi})))$; %
 angulo cenital para el dia del ensayo

TinfHC=[34.26,35.06,34.32,35.25,34.40,32.51,32.72,37.43,35.34]+273.16; %HC

TinfHig=[33.85,32.98,34.25,35.18,34.54,34.01,34.738,35.70,34.38]+273.16; %higro

Tinf=(TinfHC+TinfHig)/2;



%propiedades y constantes

cpa=1004.78; % J/Kg

cpw=1788.6; % J/kg

rug=3*10⁻⁶; %m

presion=101325;%pa

g=9.81;

esteff=5.67E-8;

trans=0.88; %todas las propiedades salvo las emisividases son evaluadas en el
espectro visible

absvidrio=0.03;

reflecvidrio=0.09;

reflecplaca=0.03;

absplaca=0.97;

emisividadvidrio=0.9; %onda larga

emisividadplaca=0.97;

Kcemento=0.17;

Kcarton=0.14;

Kvidrio=1;

Kaire=0.03;



% inicializacion de variables

L=1;

N=1;

W=2;

A=W*L;

S=0.041625;

$cp = (cpa./(humedad+1)) + (humedad.*cpw./(humedad+1));$ %j/kg°k

Tpelicula=ones(1,4);

Ra=ones(1,4);

Pr=ones(1,4);

Nu=ones(1,4);

$\alpha = \theta_{\text{taz}} - \theta;$ % angulo theta

$\text{rad} = \text{radh} * (\cos(\alpha) / \cos(\theta_{\text{taz}})) * A;$ % W

T0=[330;325;313;380;330]; % [T_{vext};T_{vint};T_a;T_p;T_{cext}]

Tf=ones(5,Nen);

E=ones(1,Nen);

Perdidas=ones(3,Nen);

$m = 0.1 * \text{ones}(1, Nen);$ % Kg/sg

$\text{densidadaire} = \text{presion} ./ (287 * T_{\text{inf}});$

$\text{viscosidadcinematica} = 1.48 * 10^{-5} + 9.5 * 10^{-8} * (T_0(3) - 288);$ %



$$\text{densidad} = \text{presion} / (287 * T0(3));$$

$$T_{\text{cielo}} = T_{\text{inf}} * (0.711 + (0.0056 * (T_{\text{rocio}} - 273.16)) + (0.000073 * ((T_{\text{rocio}} - 273.16)^2) + (0.013 * \cos(15 * \text{hora} * (\pi/180))))))^{1/4};$$

$$R_{\text{tc}} = (0.025 / (K_{\text{carton}} * A)) + (0.003 / (K_{\text{cemento}} * A)) + (0.01 / (K_{\text{aire}} * A));$$

$$R_{\text{tv}} = (0.004 / (K_{\text{vidrio}} * A));$$

$$Q_{\text{absp}} = (\text{rad} * \text{absplaca} * \text{trans}) / (1 - \text{reflecplaca} * \text{reflecvidrio});$$

$$Q_{\text{absve}} = \text{rad} * \text{absvidrio};$$

$$Q_{\text{absvi}} = \text{rad} * \text{absvidrio} * \text{trans} * \text{reflecplaca};$$

% calculo del Re

$$r_h = (S * W) / (2 * (S + W));$$

$$R_h = 4 * r_h;$$

$$U = m / ((W * S) * \text{densidad});$$

$$Re = R_h * (U(1) / \text{viscosidadcinematica});$$

for j=1:Nen

$$IT_{\text{general}} = 1;$$

$$\text{error} = 1;$$

$$IT_{\text{friccion}} = 1;$$



while ITgeneral<100 & error>10⁻⁶

%Calculo de los coeficientes de convección

Tpelicula=[(0.5*(Tinf(j)+T0(1))); (0.5*(T0(2)+T0(3))); (0.5*(T0(3)+T0(4))); (0.5*(T0(5)+Tinf(j)))]; % 1 para h1, 2 para h2 y 3 para h3

betapelicula=1./Tpelicula;

difusividadpelicula=22.5*10⁻⁶+0.148*10⁻⁶.*(Tpelicula-300);

viscosidadcinematicapelicula=1.48*10⁻⁵+9.5*10⁻⁸.*(Tpelicula-288);

Kpelicula=26.3*10⁻³+0.074*10⁻³.*(Tpelicula-300);

DeltaT=[(T0(1)-Tinf(j)); (T0(2)-T0(3)); (T0(4)-T0(3)); (T0(5)-Tinf(j))];

for i=1:4

Ra(i)=(g*betapelicula(i)*(DeltaT(i))*(S^3))/(difusividadpelicula(i)*viscosidadcinematicapelicula(i));

end

Pr=viscosidadcinematicapelicula./difusividadpelicula;

for i=2:2:4 %entre vidrio y aire interior h2y h4 (incropera)

Raprima=Ra(i)*cos(theta(j));

Nu(i)=0.68+(0.670*(Raprima^(1/4)))/((1+((0.492/Pr(i))^(9/16)))^(4/9));



end

if theta < (30*(pi/180)) %holman

$G_{rc} = 5 \cdot 10^9 - (3/15) \cdot 10^9 \cdot ((\theta(j) \cdot (180/\pi)) - 15);$

else

$G_{rc} = 20 \cdot 10^8 - (19/30) \cdot 10^8 \cdot ((\theta(j) \cdot (180/\pi)) - 30);$

end

$Gr = Ra / Pr';$

for i=1:2:3 %h3 y h1, correlacion del holman que incluye los penachos

if $Gr(i) > G_{rc}$

$Nu(i) = 0.14 \cdot ((Ra(i)^{(1/3)}) - (G_{rc} \cdot Pr(i))^{(1/3)}) + 0.56 \cdot (Ra(i) \cdot \cos(\theta(j)))^{0.25};$

else

$Nu(i) = 0.56 \cdot (Ra(i) \cdot \cos(\theta(j)))^{0.25};$

end

end

$h = (1/S) \cdot K_{pelicula} \cdot Nu';$

$H1 = h(1) \cdot A;$

$H2 = h(2) \cdot A;$



$$H3=h(3)*A;$$

$$H4=h(4)*A;$$

% claculo de los coeficientes de radiacion

$$H_{rpv}=A*(\text{esteff}*((T0(4)^2)+(T0(2)^2))*(T0(4)+T0(2)))/((1/\text{emisividadplaca})+(1/\text{emisividadvidrio})-1);$$

$$H_{rv}=A*\text{esteff}*\text{emisividadvidrio}*((T0(1)^2)+(T_{cielo(j)}^2))*(T0(1)+T_{cielo(j)});$$

% Definicion de la matriz de transferencia de calor y terminos indep

$$MTC=[(H_{rv}+(1/R_{tv})+H1),-(1/R_{tv}),0,0,0;-(1/R_{tv}),(H_{rpv}+H2+(1/R_{tv})), -H2,-H_{rpv},0;0,-H2,((m(j)*c_p(j))+H2+H3),-H3,0;0,-H_{rpv},-H3,(H_{rpv}+H3+(1/R_{tc})),-(1/R_{tc});0,0,0,-(1/R_{tc}),(H4+(1/R_{tc}))];$$

$$B=[((\text{rad}(j)*\text{absvidrio})+(H1*T_{inf}(j))+(H_{rv}*T_{cielo(j)})),(\text{rad}(j)*\text{absvidrio}*\text{trans}*\text{reflecplaca}), (m(j)*c_p(j)*T_{inf}(j)),Q_{absp(j)},(H4*T_{inf}(j))];$$

$$T=((MTC^{-1})*B');$$

$$\text{error}=\max(\text{abs}(T-T0));$$

$$T0=T;$$

$$\text{beta}=1/T(3);$$



%determinacion del factor de friccion y flujos másicos

```
f0=0.25/(log10((rug/Rh)/3.7+5.74/Re^0.9))^2;
```

```
error2=1;
```

```
ITfriccion=1;
```

```
while error2>10^-6 & ITfriccion<100
```

```
    f=1/(-2*log10(((rug/Rh)/3.71)+(2.51/(Re*(f0^0.5)))))^2;
```

```
    error2=max(abs((f-f0)/f0));
```

```
    f0=f;
```

```
    ITfriccion=ITfriccion+1;
```

```
end
```

```
densidad=presion/(287*T(3));
```

```
deltaP=g*(L*cos(theta(j)))*densidadaire(j)*beta*((T(3))-Tinf(j));
```

```
U(j)=(((8*rh)*deltaP)/(L*densidad*f)).^0.5;
```

```
m(j)=U(j)*densidad*(S*W);
```

% recalculamos Re con los nuevos flujos másicos

```
viscosidadcinematica=1.48*10^-5+9.5*10^-8.*(T(3)-288);
```

```
Re=Rh*(U(j)/viscosidadcinematica);
```



```

    ITgeneral=ITgeneral+1;

end

Tf(:,j)=T;

E(j)=cp(j)*m(j)*(T(3)-Tinf(j));

Perdidas(:,j)=[Hrv*(T(1)-Tcielo(j));H1*(T(1)-Tinf(j));H4*(T(5)-Tinf(j))]; % [vidrio
rad, vidrio conv, aislante)

end

nu=E./rad;

Edisp=(Qabsp+Qabsvi+Qabsve);

balance=E+Perdidas(1,:)+Perdidas(2,:)+Perdidas(3,:)-Edisp;


figure(1); clf
plot(nu)
grid;
hold on
title('RENDIMIENTOS');
xlabel('Ensayo');
ylabel('%');


figure(2); clf
plot((Tf(3,:)-273.16))

```



```
grid;
```

```
hold on
```

```
title('temperaturas');
```

```
xlabel('Ensayo');
```

```
ylabel('%');
```

```
figure(3); clf
```

```
plot(m)
```

```
grid;
```

```
hold on
```

```
title('Gastos');
```

```
xlabel('Ensayo');
```

```
ylabel('%');
```

Anexo B: datos de los ensayos en los hornos.

Pino a 45°

Día	hora	total en horas	tabla A	tabla B	tabla C	tabla D
X	13:15	0	2020	1850	2155	2025
X	15:30	2,25	1955	1785	2065	1885
X	17	3,75	1930	1755	2050	1880
J	11:30	22,25	1778	1594	1878	1714
J	13:30	24,25	1770	1588	1864	1707
J	14:30	25,25	1764	1586	1862	1701
J	16:30	27,25	1753	1573	1855	1694
J	18:30	29,25	1750	1568	1846	1688
J	19:15	30	1750	1569	1845	1682
V	8:30	43,25	1706	1528	1800	1640
V	9:30	44,25	1708	1530	1802	1642
V	10:30	45,25	1710	1532	1802	1642

Pino a 55°C

Día	hora	horas totales	tabla A	tabla B	tabla C	tabla D
V	11	0,00	2250	2470	2295	2195
V	11:40	0,67	2225	2455	2265	2130
V	15:50	1,83	2185	2415	2220	2110
V	15:30	4,50	2145	2370	2160	2020
V	0:00	7,00	2120	2345	2150	2005
V	19:50	8,83	2075	2305	2130	1945
S	13:30	26,50	1979	2175	2014	1824
S	17:50	30,83	1945	2150	1994	1804
S	19:00	32,00	1948	2155	1982	1796
D	11:00	48,00	1902	2115	1942	1752
D	12:00	49,00	1904	2120	1944	1752
L	18:00	79,00			1910	
M	10:30	95,50			1888	



Cedro macho a 45° caudal de renovación: 2 aperturas

Día	hora	total en horas	Cubito A	Cubito B	Cubito C	Cubito D	Cubito E	suma de cubitos
M	16	0	9,64	7,42	8,94	7,74	6,66	40,48
M	17	1	9,45	7,2	8,72	7,52	6,5	39,4
M	19:30	3,5	9,25	7,01	8,47	7,27	6,42	38
M	20:30	4,5	9,15	6,95	8,26	7,13	6,22	37,52
X	8	16	8,6	6,42	7,8	6,68	5,9	35
X	10:15	18,2	8,6	6,4	7,71	6,68	5,83	35,8
X	12	20	8,6	6,4	7,7	6,6	5,8	34,9
X	13	21	8,59	6,4	7,69	6,5	5,79	34,4
X	16:30	24,5	8,4	6,37	7,6	6,5	5,71	34
J	8:20	40,33	8,33	6,24	7,47	6,44	5,66	34
J	13:30	45,5	8,4	6,25	7,51	6,44	5,7	34,24
J	18	50	8,38	6,25	7,52	6,45	5,67	34,23
J	19:30	51,5	8,38	6,25	7,52	6,45	5,67	34,24
V	10:30	66,5	8,38	6,25	7,52	6,45	5,67	34

Día	hora	total horas	cubo 8	cubo 7	cubo 6	tabla 12,1	tabla 2,2	tabla 3	tabla 8
M	16	0	102,57	96,77		891	787	1748	1808
M	17	1	101,46	95,76	85,57	887	784	1742	1804
M	19:30	3,5	99,78	94	84,47	877	776	1730	1792
M	20:30	4,5	99,13	93,33	84,41	868	770	1720	1780
X	8	16	93,5	87,5	81,6	833	745	1664	1716
X	10:15	18,2	93	87	81	823	737	1668	
X	12	20	91,8	85,65	80,62	814	732	1656	1704
X	13	21	91,2	85,29	80,2	809	729	1654	1700
X	16:30	24,5	90	84,1	80	799	721	1642	1686
J	8:20	40,33	85,75	79,2	77,3	765	695	1584	1620
J	13:30	45,5	84,3	78,12	77,03	755	684	1590	1624
J	18	50	83,66	77,55	76,77	732	673	1559	1588
J	19:30	51,5	83,47	77,42	76,75	729	671	1556	1585
V	10:30	66,5	81	75,87	75,87	706	657	1528	1552

Cedro macho a 45° caudal de renovación: 1 aperturas

Día	hora	total	Tabla	Tabla 11	suma	tabla	tabla	suma
-----	------	-------	-------	----------	------	-------	-------	------



		en horas	7		tablas 2p	13,2	14,1	tablas 1p
X	13	0,00	1763	1779	3542	757	777	1534
X	14:45	1,75	1759	1775	3534	752	772	1524
X	16:45	3,75	1753	1770	3523	742	765	1507
X	18:30	5,50	1747	1763	3510	734	758	1492
J	10	21,00	1681	1711	3392	685	708	1393
J	16	27,00	1669	1697	3366	672	698	1370
J	18	29,00	1660	1689	3349	666	692	1358
V	10	45,00	1614	1650	3264	634	662	1296
V	12:15	47,25	1609	1645	3254	631	659	1290
V	14	49,00	1603	1639	3242	627	656	1283
v	20:25	55,42	1591	1628	3219	619	650	1269
S	12:30	71,50	1557	1597	3154	601	632	1233
S	20:30	79,50	1544	1583	3127	595	626	1221

total en horas	cubo 5	cubo 6	sumade cubos	cubito 1	cubito 2	cubito 3	cubito 4	cubito 5	suma de cubitos
0,00	87,69	90,25	179,1	7,85	7,35	6,81	7,61	8,24	37,94
1,75	86,93	89,23	176	7,72	7,21	6,67	7,42	8,03	37,14
3,75	86,27	88,63	174,68	7,59	7,07	6,53	7,31	7,88	36,43
5,50	85,1	87,32	172,43	7,45	6,93	6,43	7,16	7,7	35,78
21,00	78,87	80,01	158,94	6,99	6,51	6,06	6,68	7	33,23
27,00	77,15	78,32	155,31	6,93	6,51	6,06	6,6	6,84	32,84
29,00	76,3	77,33	153,21	6,88	6,45	6	6,53	6,75	32,58
45,00	71,84	72,06	143,81	6,88	6,5	5,97	6,47	6,68	32,17
47,25	71,42	71,77	143,02	6,83	6,45	5,95	6,48	6,71	32,12
49,00	71,04	71,27	142,22	6,84	6,45	5,94	6,5	6,7	32,13
55,42	70,29	70,47	140,61	6,83	6,42	5,92	6,49	6,65	32,05
71,50	68,6	68,74	137,24	6,79	6,4	5,92	6,43	6,67	31,85
79,50	68,1	68,27	136,26	6,76	6,31	5,83	6,35	6,61	31,74

Cedro macho a 45°, caudal de renovación: convección forzada

Día	hora	total en horas	Tabla9	tabla 13,1	tabla 14,2	suma tablas 1p
L	17	0	1795	763	812	1575
L	21	4	1762	731	777	1508
M	10	17,0	1687	679	722	1400
M	14:20	21,3	1674	671	712	1383
M	18	25,0	1661	663	703	1366
X	15:30	46,5	1601	628	663	1290
X	18	49	1594	624	658	1283
J	10	65	1567	611	644	1254



Cedro macho a 45°, caudal de renovación: convección forzada

Día	hora	total en horas	Tabla 4	Tabla 5	Tabla 6	tabla 1,1	tabla 1,2	tabla 2,1
D	11:30	0,00	1760	1857	1880	752	781	862
D	12:30	0,67	1752	1848	1870	748	777	856
D	13:20	1,83	1738	1832	1855	733	765	840
D	15:30	4,00	1716	1806	1830	712	716	818
D	16:45	5,25	1704	1796	1816	704	739	808
D	18	6,50	1690	1771	1798	696	732	796
D	19:10	7,67	1680	1766	1788	689	725	791
L	10:40	23,17	1600	1672	1696	636	681	730
L	12:15	24,75	1598	1668	1690	634	680	728
L	16:45	29,25		1650	1670	624	671	717
L	17:20	29,83	1578	1647	1668	622	670	714
M	9:50	46,33	1516	1576	1597	592	645	679

Día	hora	total en horas	cubo 1	cubo 2	cubo 3	suma cubos 2p	cubito 1	cubito 2	cubito 3	suma de cubos 1p
D	11:30	0,00	106	97	93	296	10	8	9	28,5
D	12:30	0,67	104	95	91	290	10	8	9	27
D	13:20	1,83	100	93	89	281	10	8	9	26
D	15:30	4,00	94	88	84	267	8	7	8	23
D	16:45	5,25	93	86	83	262	8	7	7	22
D	18	6,50	91	84	79	256	8	6	6	22
D	19:10	7,67	90	83	79	253	8	6	6	22
L	10:40	23,17	79	73	69	222	7	6	6	21
L	12:15	24,75	77,75	71,85	67,87	217,43	7,8	6,75	6,8	21,3
L	16:45	29,25	76,31	71	66,77	213,88	7,77	6,74	6,77	21,21
L	17:20	29,83	74,705	70,14	65,48	210,18	7,76	6,69	6,75	21,165
M	9:50	46,33	73,1	69,28	64,2	206,48	7,75	6,64	6,73	21,12

Cedro real a 45°



Día	hora	total en horas	Tabla 1	Tabla 7	suma de tablas grandes	tabla 4,1	tabla 4,2	suma de tablas 1p
S (12/12)	17	0,00	1882	2122	4005	1124	968	2012
s	20:40	3,67	1835	2077	3914	1067	916	1983
s	21:30	4,50	1825	2066	3895	1055	907	1962
D	10:30	17,50	1713	1947	3662	938	805	1743
D	13	20,00	1698	1932	3632	923	793	1717
D	18:20	25,33	1668	1902	3572	894	767	1662
L	10:20	41,33	1593	1821	3415	823	707	1530
L	14:10	45,17	1577	1806	3385	809	696	1505
L	16:40	47,67	1568	1796	3366	801	689	1490
L	21	52,00	1553	1779	3333	788	678	1467
M	10	65,00	1508	1731	3230	749	645	1410
M	14:20	69,33	1497	1720	3218	740	638	1378
M	18	73,00	1486	1708	3196	730	630	1359
X	15:30	94,50	1428	1646	3074	683	591	1274
X	18:15	97,30	1420	1637	3059	677	586	1263
J	10	113,00	1389	1602	2995	655	573	1224

Día	hora	total en horas	cubo 4	cubo 8	cubo 12	suma de cubos 2p
s	17:30	0,50	100	96	87	283
s	20:40	3,67	91	88	79	257
s	21:30	4,50	89	86	78	253
D	10:30	17,50	74	72	63	209
D	13	20,00	72	70	60	204
D	18:20	25,33	69	67	58	195
L	10:20	41,33	62	60	52	173
L	14:10	45,17	61	59	50	169
L	16:40	47,67	59,5	57,78	49,51	166,78
L	21	52,00	58,3	56,51	48,47	156,07
M	10	65,00	55,1	53,5	46,1	155
M	14:20	69,33	54,42	52,95	45,8	153,9



M	18	73,00	53,8	52,2	45,4	151,4
X	15:30	94,50	51,45	49,71	44,53	145,62
X	18:15	97,30	51,31	49,5	44,46	145,25
J	10	113,00	51,12	49,21	44,52	144,85

Día	hora	total en horas	cubito 1	cubito 2	cubito 3	cubito 4	cubito 5	suma de cubitos 1p
s	17:30	0,50	9,01	11	14,15	12,26	13,45	59,9
s	20:40	3,67	7,62	9,05	12,05	10,23	11,43	50,24
s	21:30	4,50	7,45	8,82	11,75	9,96	11,14	49,21
D	10:30	17,50	6,01	6,51	8,99	7,32	8,45	37,48
D	13	20,00	5,98	6,36	8,82	7,17	8,28	36,76
D	18:20	25,33	5,95	6,12	8,5	6,9	8,04	35,55
L	10:20	41,33	5,92	6,01	8,31	6,71	7,93	34,84
L	14:10	45,17	5,93	5,98	8,29	6,72	7,92	43,86
L	16:40	47,67	5,92	5,98	8,27	6,71	7,91	34,82
L	21	52,00	5,86	5,96	8,31	6,69	7,91	34,85
M	10	65,00	5,8	5,9	8,25	6,8	7,8	34,75
M	14:20	69,33	5,7	5,9	8,16	6,75	7,78	34,4
M	18	73,00	7,7	5,8	8,1	6,6	7,5	34,1
X	15:30	94,50	7,88	5,95	8,26	6,69	7,87	34,53
X	18:15	97,30	5,84	5,92	8,23	6,76	7,83	34,51
J	10	113,00	5,81	5,93	8,24	6,67	7,88	34,53

Cedro real 55

Día	hora	total en horas	Tabla 9	Tabla 2	suma tablas 2p	tabla 5,1	tabla 5,2	suma tablas 1p
J	11:30	0	1701	2065	3769	1000	1057	2058
J	16	4,5	1628	1988	3616	932	981	1913
J	20:15	8,75	1578	1937	3517	888	932	1819
V	12	24,5	1440	1783	3225	768	798	1566
V	14:45	27,25	1424	1764	3190	755	784	1539
V	19:30	32	1397	1734	3133	733	759	1492
S	11	47,5	1321	1647	2968	672	691	1363
S	12	48,5	1315	1641	2957	668	687	1355



S	15:45	52,25	1300	1624	2926	659	676	1334
S	19:45	56,25	1283	1605	2890	646	661	1308

Día	hora	total en horas	cubo 1	cubo 3	cubo 6	suma de cubos 2p	cubit o 11	cubit o 12	cubit o 14	cubit o 15	suma de cubitos 1p
J	11:30	0	73	89	94	255	8,05	11,88	11,06	10,4	41,29
J	16	4,5	63	77	83	223	5,78	9,01	8,95	8,02	31,87
J	20:15	8,75	57,21	71,75	76,71	205,45	3,36	6,31	6,57	5,57	26,46
V	12	24,5	45	58	62	165	4,48	6,52	7,37	6,18	24,52
V	14:45	27,25	44,13	56,35	60,37	160,73	4,48	6,51	7,29	6,15	24,31
V	19:30	32	42	54	58	155	4,47	6,46	7,22	6,1	24,2
S	11	47,5	38,5	49,52	52,73	140,81					
S	12	48,5	38,43	49,49	52,56	140,48	4,41	6,36	7,13	6,04	24,01
S	15:45	52,25	38,05	48,87	51,81	138,74	4,48	6,35	7,12	6,02	23,98
S	19:45	56,25	37,86	48,53	51,25	137,68					24

Granadillo a 45°

Día	hora	total en horas	Tabla 3	Tabla 5	Tabla 8	suma (3,5,8)
s	17:30	0,50	808	831	861	2502
s	20:40	3,67	816	793	847	2457
s	21:30	4,50	813	791	844	2450
D	10:30	17,50	786	766	815	2368
D	13	20,00	782	764	812	2359
D	18:20	25,33	775	757	805	2338
L	10:20	41,33	757	743	786	2228
L	14:10	45,17	756	740	783	2279
L	16:40	47,67	754	739	780	2275
L	21	52,00	751	737	777	2266
M	10	65,00	741	730	768	2239
M	14:20	69,33	739	729	765	2233
M	18	73,00	738	727	763	2228
X	15:30	94,50	729	720	754	2203
X	18:20	97,30	727	719	752	2200
J	10	113,00	725	717	749	2191



Día	hora	total en horas	cubito 1	cubito 2	cubito 3	cubito 4	cubito 5	suma de cubitos
s	17:30	0,50	10,71	12,01	11,03	12,28	12,28	58,41
s	20:40	3,67	10,12	11,26	10,6	11,98	11,8	55,21
s	21:30	4,50	10,07	11,18	10,26	11,43	11,75	54,64
D	10:30	17,50	9,52	10,54	9,72	10,72	11,31	51,96
D	13	20,00	9,51	10,54	9,72	10,74	11,33	51,9
D	18:20	25,33	9,47	10,48	9,67	10,62	11,26	51,18
L	10:20	41,33	-	-	-	-	-	51,3
L	14:10	45,17	-	-	-	-	-	51,27
L	16:40	47,67	-	-	-	-	-	51,3
L	21	52,00	-	-	-	-	-	51,26
M	10	65,00	-	-	-	-	-	51,2
M	14:20	69,33	-	-	-	-	-	51,1
M	18	73,00	-	-	-	-	-	51
X	15:30	94,50	-	-	-	-	-	50,96
X	18:20	97,30	-	-	-	-	-	50,97
J	10	113,00	-	-	-	-	-	51,07

Granadillo 55°

Día	hora	total en horas	Tabla 2	Tabla 6	suma matematica	suma (2,6)
J	11:30	0	809	824	1633	1633
J	16	4,5	784	798	1582	1582
J	20:15	8,75	773	786	1559	1559
V	12	24,5	744	759	1503	1505
V	14:45	27,25	741	752	1493	1498
V	19:30	32	737	753	1490	1490
S	11	47,5	724	741	1465	1465
S	12	48,5	723	741	1464	1464
S	15:45	52,25	720	739	1459	1459
S	19:45	56,25	719	737	1456	1456

Día	hora	total horas	cubito 11	cubito 12	cubito 13	cubito 14	cubito 15	suma cubitos	suma cubitos
J	11:30	0	10,66	9,7	10,96	10,15	9,84	51,16	51,16
J	16	4,5	9,73	8,81	10,02	9,21	8,93	46,76	46,76
J	20:15	8,75	9,6	8,71	9,86	9,06	8,83	45,91	45,91
V	19:30	32	9,32	8,46	9,61	8,86	8,58	44,85	44,85
S	12	48,5	9,32	8,41	9,54	8,83	8,59	44,78	44,78



S	15:45	52,25	9,27	8,41	9,54	8,82	8,6	44,72	44,72
S	19:45	56,25	-	-	-	-	-	44,7	44,7

Anexo C: Datos de los ensayos en el secador solar.

Muestra 1 de pino

MUESTRA A (6 pies)								
Dia	Hora	Horas totales	peso	H1	H2	H3	H4	Hmedia
L	11	0	8150	26	20	21	26	23,25
M	11	24	7400	18	19	21	21	19,75
M	16	29		16	17	19	26	19,5
X	10	47	6850	15	17	17	20	17,25
X	15:30	50,5		15	15	16	15	15,25
J	9:30	70,5	6550	17	17	15	19	17
J	13	74	6350	15	17	17	17	16,5
V	10	95	6025	15	14	12	15	14
V	15	100	6000	13	12	12	14	12,75
S	9:30	118,50	5500	13	12	10	14	12,25
S	12:30	121,5	5220	10	9	13	14	11,5
L	11	168	5860	12	12	12	12	12
L	18	175	5900	11	11	12	12	11,5
M	17	198	5865	6	6	6	9	6,75
X	12:30	217,5	5765	7	7	11	8	8,25
X	17	222	5850	6	6	6	6	6

B (45 cm)							
Dia	Hora	Horas totales	Peso	H1	H2	H3	Hmedia
L	11	0	2500	20	17	29	22
M	11	24	1750	18	17	17	17,33
M	16	29		16	14	15	15



X	10	47	1550	16	14	15	15
X	15:30	50,5	1500	14	14	14	14
J	9:30	70,5	1625	15	14	14	14,33
J	13	74	1575	14	14	14	14
V	10	95	1500	11	11	11	11
V	15	100	1460	6	7	5	6
S	9:30	118,50	1450	5	5	5	5
S	12:30	121,5	1410	5	5	5	5
L	11	168	1420	12	13	12	12,33
L	18	175	1545	7	7	6	6,667
M	17	198	1455	5	5	5	5
X	12:30	217,5	1435	6	8	9	7,667
X	17	222	1475	5	6	5	5,334

C (F) (60 cm)							
Dia	Hora	Horas totales	Peso	H1	H2	H3	Hmedia
L	11	0	2850	27	27	25	26,33
M	11	24	2500	22	24	25	23,67
M	16	29		17	24	22	21,00
X	10	47	2100	11	15	12	12,67
X	15:30	50,5	2050	15	18	16	16,33
J	9:30	70,5	2225	15	17	15	15,67
J	13	74	2175	16	16	15	15,67
V	10	95	2100	15	15	15	15,00
V	15	100	2050	14	14	14	14,00
S	9:30	118,50	2050	13	12	14	13,00
S	12:30	121,5	1975	7	7	11	8,33
L	11	168	1910	12	11	11	11,33
L	18	175	1990				
M	17	198	1965	7	9	9	8,33
X	12:30	217,5	1935	6	8	9	7,67
X	17	222	1970	5	6	5	5,33

D (45 cm)							
Dia	Hora	Horas totales	Peso	H1	H2	H3	Hmedia
L	11	0	2500	20	17	17	18
M	11	24	1700	20	17	17	18
M	16	29		17	16	16	16,333
X	10	47	1600	14	15	15	14,667



X	15:30	50,5	1525	13	13	11	12,33
J	9:30	70,5	1625	15	12	9	12
J	13	74	1575	12	14	10	12
V	10	95	1525	7	12	10	9,667
V	15	100	1460	5	5	5	5
S	9:30	118,50	1455	5	5	5	5
S	12:30	121,5	1400	5	5	5	5
L	11	168	1385	12	12	12	12
L	18	175	1475	7	9	10	8,67
M	17	198	1445	5	5	5	5
X	12:30	217,5	1430	5	5	5	5
X	17	222	1460	5	5	5	5

E (60 cm)							
Dia	Hora	Horas totales	Peso	H1	H2	H3	Hmedia
L	11	0	2500	27	17	19	21,00
M	11	24	2200	16	17	17	16,67
M	16	29		13	15	14	14,00
X	10	47	2100	13	13	12	12,67
X	15:30	50,5	2100	7	7	7	7,00
J	9:30	70,5	2075	10	14	11	11,67
J	13	74	2035				
V	10	95	2000	9	11	11	10,33
V	15	100	1975	5	7	7	6,33
S	9:30	118,50	1955	5	7	7	6,33
S	12:30	121,5	1900	5	6	5	5,33
L	11	168	1890	7	11	7	8,33
L	18	175	1995	7	9	9	8,33
M	17	198	1945	5	5	5	5,00
X	12:30	217,5	1940	5	5	5	5,00
X	17	222	1950	5	5	5	5,00

Muestra 2 de pino

dia	hora	total en horas	Tabla 6	tabla 5	tabla 4	suma de cubitos
L	20	0	2187	2299	2567	47
M	14:20	18,33	2052	2156	2423	39



X	16	44	1949	2053	2274	39
J	16:45	68,75	1909	1992	2205	38
V	16	92	1867	1970	2151	38
S	11:30	111,5	1866	1967	2143	39

Cedro macho

sol									
dia	hora	total en horas	Tabla 1	Tabla 4	Tabla 8	Tabla 5.1	Tabla 7,1	cubo1	cubo 3
L	11	0,00	1514	1524	2020	791	974	103	109
M	15:30	28,43	1438	1492	1958	730	880	90	90
X	9	46,00	1432	1484	1946	722	874	88	90
X	10:45	47,64	1426	1478	1940	718	864	88	88
X	12:40	49,57	1416	1466	1928	711	858	87	87
X	13:40	50,57	1414	1466	1926	710	857	86	87
X	18:30	55,43	1410	1460	1918	705	853	84,9	84,6
J	17	78,00	1365	1421	1865	677	824	82	82
V	10:45	95,64	1360	1408	1854	671	814	82	81
X	14	219,00	1262	1288	1723	596	740	76	79
X	18	223,00	1262	1287	1722	597	743	76	74
J	10:20	239,29	1264	1286	1722	597	743	77	75
J	16	245,00	1255	1278	1713	593	740	76	75

dia	hora	total en horas	Tabla 2	Tabla 3	Tabla 5,2	Tabla 6.1	Tabla 6.2	Tabla 7.2
L	11	0,00	1576	1570	762	690	680	1040
M	15:30	28,43	1456	1502	691	617	633	965
X	9	46,00	1448	1490	682	622	611	958
X	10:45	47,64	1444	1488	677	622	605	952
X	12:40	49,57	1434	1478	668	616	598	943
X	13:40	50,57	1432	1478	667	615	598	941
X	18:30	55,43	1426	1472	664	612	592	935
J	17	78,00	1379	1423	643	579	572	903
V	10:45	95,64	1374	1415	633	582	567	897
X	14	219,00	1282	1322	584	530	527	826
X	18	223,00	1282	1321	589	530	527	826
J	10:20	239,29	1282	1321	592	530	529	826
J	16	245,00	1273	1313	587	526	525	822



dia	hora	total en horas	cubo 2	cubo4	suma de cubos 2p	suma de cubitos 1p
L	11	0,00	78	94	379	102
M	15:30	28,43	67	75	324	83
X	9	46,00	65	75	320	76
X	10:45	47,64	64	75	317	75
X	12:40	49,57	64	74	313	74
X	13:40	50,57	64	73	312	74
X	18:30	55,43	62,8	72,3	309	74
J	17	78,00	61	70	295	74
V	10:45	95,64	61	69	293	74
X	14	219,00	59	65	274	71
X	18	223,00	59	65	275	72
J	10:20	239,29	60	66	278	73
J	16	245,00	59	65	276	73

Cedro Real

Muestra 1								
dia	hora	total en horas	tabla 3	Tabla 6,1	suma 3 y 8	suma 6,1 y 6,2	Tabla8	tabla 6,2
L	20	0	2123	970	4042	1911	1895	939
M	14:20	17,34	2003	847	3810	1709	1807	862
X	16	43	1901	763	3623	1556	1722	795
J	16:45	67,75	1851	718	3513	1473	1662	756
V	16	91	1777	666	3391	1380	1613	714
S	11:30	110,5	1761	654	3357	1357	1593	703

Muestra 2						
dia	hora	total en horas	Tabla 10,1	tabla11	Tabla 12	Tabla 10,2
L	20	0	481	945	1109	542
M	14:20	17,33	428	883	1051	498
X	16	43	397	834	1019	465
J	16:45	67,75	380	811	989	445
V	16	91	355	780	958	422
S	11:30	110,5	355	773	952	420



dia	hora	total en horas	cubo2	cubo 5	cubo 10	cubo 11	suma de cubos 2p	suma de cubitos 1p
L	20	0	106	102	97	91	396	58
M	14:20	17,33	95	90	86	80	348	45
X	16	43	85	80	76	72	314	39
J	16:45	67,75	80	75	71	67	293	37
V	16	91	73	69	65	62	269	36
S	11:30	110,5	72	68	64	60	264	36

Granadillo

dia	hora	total en horas	sol				No sol		
			Tabla 7	Tabla 10	suma 4 y 10	Tabla 4	tabla 9	suma de cubitos	cubit os
L	20	0	1515	816	1610	794	854	54	10,8
M	14:20	18,334	1466	789	1557	768	850	50	10
X	16	44	1439	773	1527	753	817	49	9,8
J	16:45	68,75	1420	770	1516	747	805	48	9,6
V	16	92	1391	751	1492	734	794	48	9,6
S	11:30	111,5	1391	753	1490	736	795	48	9,6

Anexo D: Datos recopilados de los sensores.

Ensayo 1, 10°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higo	T s Hgro
1	35,4	0	52,2	0,5	35,1	15,8	35,3	45,9
2	34,5	3	50,4	0	35,1	15,9	35,2	45,9
3	33	2,2	49,6	2,7	34,4	14,9	34,7	45,4
4	33,3	0	48,2	1,4	35,1	14,8	33,3	45,8
5	38,6	1,6	46,7	0	37,3	14,3	32,8	45,4
6	38,9	0,5	48,1	1,4	36,7	14,6	35,4	45,1
7	37,4	1	50,3	0,6	31,4	16,4	35,8	45
8	37,1	0,9	50,6	1,4	31,2	16	35,8	45,7



9	36,1	0	49,4	0,8	31	15,1	35,3	45,6
10	35,8	0	49,9	0	32	14,7	35	45,9
11	39,4	0,4	50,5	0	33,8	14,9	35,1	45,6
12	39,3	1	51,1	0,1	32,6	15,1	36,6	45,8
13	37,9	1,4	53,5	1,3	30,1	16,6	36,7	45,8
14	36,7	0,9	51	1,1	30,1	16	36,4	45,9
15	36,3	1,1	48,8	0,5	30,1	15,1	35,5	46
16	36,9	3,8	50,1	1,6	31,4	15	35,4	45,5
17	34,5	2,3	49,4	1,8	32,2	14,9	35,4	45,7
18	34,1	0	46,6	1,7	33,1	14,8	34,2	45,9
19	35,3	0,9	45,9	0	35,2	14,9	33,7	45,1
20	36,1	1,4	47,8	0,9	35,8	15	35,1	45,1
21	34,7	1,2	48,7	1,2	33,6	15,9	34,9	45,1
22	34,8	1,6	47,7	1,2	33,9	14,8	34,3	45,6
23	33,5	0,8	46,5	0	34,5	14,6	34,2	45,4
24	34,6	1,4	46,9	0	34,5	14,8	33,7	45,1
25	35,1	1,6	50,5	0	36,2	14,8	34,2	45,3
26	34,3	1	49,9	0,3	35,6	15,1	34,1	45,4
27	33,8	1,1	50,6	0	35,3	15,2	33,8	45,7
28	34,4	2	51,4	0	36,5	15,3	32,7	45,5
29	34	0,9	51,7	0	37,3	16,2	32,8	45,4
30	35,5	1,5	52	1,4	38,9	15,3	32,6	45,6
31	33,8	1,2	52,8	1,9	38,2	15,9	33	45,7
32	33,1	1,4	47	1	38,2	15,7	32,6	45,8
33	33,3	0,9	47,9	0,7	39	13,8	32,7	45,5
34	34,2	1	49,2	0,6	39,6	14,4	33	45
35	34,9	0,7	49,5	0,9	38,5	14,9	33,1	45,1
36	35,5	1	49,1	0,9	38	15	33,4	45,4
37	35,4	1,3	49,3	0,9	38,4	14,7	34,2	45,4
38	34,6	1,7	49,1	1	36	15,3	34	45,4
39	33,7	1,3	47,9	1,1	35,8	15	33,6	45,4
40	33,5	1,2	47,3	0	36,1	14,5	33,2	45,4
41	34,2	1,4	49,7	0,2	37,6	14,8	32,9	45,2
42	34	0,6	51,4	0	37,6	15	33,6	45,4
43	35,1	0,4	51,8	0,4	37,3	15,8	33,4	45,5
44	36,1	0,8	52,5	0,2	37,1	15,2	33,8	45,4
45	36,6	0,6	52,9	0,6	36,9	15,3	34,7	45,6
46	36,8	1,1	53	1,1	35,2	15,5	35,1	45,7
47	36,1	0,3	50,5	0,6	34,7	14,9	35,1	45,9
48	37,4	2,7	50,6	0	35	15,1	34,9	45,9
49	37,2	0,7	52,3	0,5	35,6	15,2	35,6	45,9
50	36,2	1,6	52,2	0	33,4	16	35,2	45,9
51	35,3	2,6	53	1,2	33,4	15,3	35	46,2
52	34,2	1,3	49,9	0,2	33,7	15,4	34,3	46,1



53	35	1,3	48,1	0,9	34,6	13,8	33,5	45,7
54	34,1	1,5	50,4	0,9	35,4	13,9	33,7	45,3
55	33,7	0,4	49,9	1,3	36,3	13,8	33,6	46,2
56	34	1,6	48	0	36,5	13,7	33,6	45,9
57	34,9	1	50,1	0,7	36,5	14	33,6	45,4
58	35	0,8	51,7	0	36,9	14,6	33,5	45,7
59	35,6	1,2	53,1	0,6	37,4	14,6	33,8	46,2
60	35	1,8	53,3	1,3	36,7	16,1	34,2	45,9
61	34,3	1,2	51	1,6	36,5	15,7	34,2	46,2
62	34,5	1,2	47,6	1,1	36	14,3	33,9	45,9
63	34,4	1	49,1	1,1	36,9	15	33,9	45,4
64	35,1	1,2	48,9	0,9	36,2	15,1	34	45,6
65	35,1	2	50,1	1,4	35,9	15	34,2	45,8
66	34	1,7	49	1,5	35,6	15,7	34,3	45,9
67	32,7	1,4	46,3	1,1	35,2	15,2	33,6	45,7
68	32,5	1,2	48,7	0,8	36	15,2	32,9	45,6
69	33,3	1,8	48,9	1	37,1	14,8	32,8	45,9
70	32,8	1,8	49,3	1,8	37,6	14,6	33,3	45,8
71	32,9	1	46,2	1,4	37,3	14,5	32,8	45,9
72	33,2	1,2	45,8	0,7	37,8	14,4	32,7	45,1
73	32,9	1,3	47,6	0,6	37,7	15,3	33,1	45,2
74	33,4	1,1	48,7	0,5	37,5	15,2	33,2	45,2
75	34,8	0	49	0	38,6	15	33	45,7
76	36,2	1,1	50,7	0	37,3	15,6	32,9	45,7
77	35,2	1,4	51,7	1,3	38	16,2	33,8	45,7
78	34,8	1,7	50,5	1,7	36,6	16,6	33,3	45,8
79	33,7	1,6	49,7	0,5	37	15,5	33	46
80	32,8	1,5	48,9	1,2	36,9	14,5	32,9	45,9
81	32,7	0	47,9	1,1	37,2	14	32,6	45,7
82	34,2	0,6	47,9	0	38,1	13,6	32,6	45,6
83	35,1	1,5	50,7	0	38,7	14	32,9	45,6
84	35,1	1,3	51,7	0	38,9	15,2	32,6	45,8
85	34,8	1,6	52,8	0	40,1	15,8	32,8	45,9
86	34,2	0,9	53,3	0	39,9	16,6	32,9	45,9
87	35,1	1,3	53,9	0	39,8	16,1	32,7	46
88	34,6	1,3	53,9	1,1	39,3	16	33,2	46,1
89	34,1	1,3	53,6	1,2	38,3	15,6	33	46,2
90	33,6	1,2	51,2	1	38,5	15,6	33,1	46,2
91	33,9	1,1	50,1	0,4	38,4	14,4	32,8	46,1
92	35	1,5	52	0	38,5	14,2	32,9	45,9
93	34,1	1,5	54	1,4	38,1	14,9	33,3	46
94	33,6	1,1	55	0,9	38,4	15,9	32,8	46,2
95	33,6	1,1	52	0,7	38,4	15,4	32,5	46,3
96	33,7	1,2	52,3	1,1	39	14,5	32,7	46,3



97	33,9	1,4	50,9	1,1	38,8	14,3	33	46,3
98	33,5	1,1	50,5	1,2	38,7	13,9	33,1	46,2
99	33,3	0,5	50,4	1,1	37,8	13,8	32,9	46,1
100	34,5	1	48,4	1,4	37,4	14	32,9	46,2
101	35	1,3	51,1	1,5	36,8	13,7	33,6	46,2
102	34	2	49,2	1,4	36,6	13,6	33,6	46,4
103	32,2	0,6	48,6	1,6	36,7	13,6	33,1	46,4
104	34	1,2	45,7	0	37,6	14	32,4	46,3
105	36	1,1	47,5	0,5	39	14,2	34,2	45,9
106	34,8	0,9	49,9	1	33,6	14,3	34,5	45,9
107	35,1	1,2	48,8	1,6	32,9	15,2	34	46,4
108	34,8	1,1	48,2	1,2	33,6	13,6	34,2	46,2
109	34,9	0,3	47,8	0,4	34,5	14,1	34,6	46,2
110	36,4	1,1	49,1	0	34,7	14,1	34,6	45,9
111	37,3	1,3	50,7	0,9	34,5	14,3	35,1	46
112	35,4	4,4	52,4	1,3	33,8	14,2	35,6	46,5
113	33,7	2,3	49,9	2,2	33,2	14,7	34,7	46,8
114	32,3	0,9	45,6	1	34,2	14	33,2	46,4
115	32,9	0,5	44,4	0,8	36,3	13,7	32,7	45,9
116	35	1,1	47	0,7	36,9	13,7	33,6	45,1
117	36,3	1,1	48,8	1,2	36,1	14	34,2	45,3
118	35	2,1	50,7	0,8	35,1	13,9	34,9	46
119	33,6	1,2	48,7	1,1	34,2	14,1	34,1	46,5
120	34,1	1,6	46,8	0,8	35,2	13,8	33,7	46,2
121	32,9	1,7	48,1	1,3	35,1	13,8	33,6	45,8
122	32,7	1,6	45,6	1,4	36,2	13,9	33,2	46
123	32,3	1,6	44,8	1,3	37	13,5	33,1	45,9
124	32,4	1,8	44,9	1,4	37,4	14,4	33	45,8
125	32,1	1,5	44,6	1,3	38	14,2	33,2	45,8
126	32,5	0,8	44,5	0	37,1	14,4	32,7	45,7
127	33,8	0,8	47,6	0	37,5	14	32,6	45,7
128	34,3	1	50	0	37,4	14,9	33,1	45,9
129	34,4	1,2	51	0	37	15,4	33,1	46,1
130	33,6	0,7	51,9	0,5	36,7	14,5	33,8	46,3
131	34,6	0,7	51,7	0	36,8	14,9	33,4	46,3
132	35,2	1,2	52,6	0	36,9	14,4	33,9	46,4
133	34,8	0,8	54,1	0,5	33,7	14,6	34,1	46,4
134	35,1	1,2	53,7	1,3	34,5	15,3	33,7	46,6
135	34,6	1,4	52,4	1,4	34,9	14,6	34,2	46,7
136	34,2	1,1	49,6	1	36,5	13,5	33,8	46,8
137	33,9	1	48,3	0,7	35	13,2	33,6	46,6
138	34,2	1,3	50,2	1	35,1	13,3	33,7	46,4
139	34,2	1,8	49,6	0,9	35,9	13,1	34,1	46,8
140	32,9	1,7	49,2	0,8	35,1	13,3	33,7	46,8



141	32,4	0,7	50	1,1	34,5	13,4	33,1	46,6
142	33,8	0,5	48,5	0	35,8	12,7	32,7	46,5
143	35,1	2,3	51,8	1,4	36,9	12,4	33,2	46,4
144	34,8	1,3	53,1	2	37,1	14,2	34,2	46,6
145	33,6	1,4	47,9	1,6	35,6	13,6	33,7	47
146	33,8	1,5	47,2	1,4	35,9	13,3	33	46,3
147	33,4	2,3	46,7	1,5	36,3	13,3	32,9	45,9
148	33,6	1,4	46,4	1,7	37,8	13,4	33,1	45,9
149	33,5	1,4	45,5	1,5	37,6	13,3	32,9	46,1
150	33,9	2,4	45,8	2,2	37,5	14,1	33,1	45,7
151	33,2	0,6	45,4	2	36,9	14	33,1	45,7
152	32,5	2,2	45,2	1,4	39,1	14,2	33	45,4
153	33,2	0,3	45,7	1,4	38,1	14,9	33,1	45,2
154	33,8	0,7	45,5	0,7	37,5	14,8	33	45,2
155	34,8	1,3	46,7	0,7	36,5	15,1	33,4	45,4
156	34,9	1,6	48	1	36,7	14,3	34,3	45,7
157	33	1,1	47,9	1,1	35	14	33,8	46,3
158	32,8	1,1	46,6	1	35,4	14,2	33,1	46,3
159	34,1	1,2	46,5	0,9	36,6	13,7	33,7	46,2
160	34,5	1,2	47	1,3	36,2	13,7	34,1	46,1
161	34,7	0,8	47,6	1,2	35,9	13,7	34,3	46,3
162	35,1	1	47,1	1	35,2	13,8	34,3	46,3
163	35,2	1	47,4	0,9	34,1	13,9	34,4	46,4
164	35	1	47,8	1,1	34,2	13,3	34,6	46,4
165	34,1	1,5	47	0,8	34,2	13,3	34,4	46,6
166	34,1	1,3	47,3	0,8	34,2	13,4	34,5	46,7
167	33,5	1,7	48,5	1,3	33,6	13,2	34,1	46,7
168	33,1	1,4	46,8	1,1	35,3	13,3	33,9	46,8
169	33,2	1,6	45,9	1,3	36	13,3	33,6	46,8
170	32,6	1,1	45,7	1	36,6	13,4	33,8	46,8
171	33,5	1,1	45,6	0	36,2	13,2	33,5	46,4
172	33,7	1,7	48,6	0	35,9	13,7	33,8	46,5
173	32,7	1,9	50,2	1,3	36,5	13,6	33,5	46,7
174	32	1,7	46,6	1,6	37,8	14,3	32,9	46,8
175	32	1,9	45	1,7	37,8	14	32,7	46,1
176	32,1	1,6	44,5	1,8	39,5	13,7	33	45,8
177	32,5	1,4	43,9	1,2	38,3	14,6	33,1	45,7
178	32,4	1,9	45,7	1	38,1	15	33,2	45,6
179	31,8	0,4	45,6	0	37,8	15,2	32,9	45,7
180	33,2	0,9	48,1	0	39,1	14,6	32,4	45,9
181	34,6	1,5	49,5	0,1	39,9	15,4	33,4	46,2
182	33,7	1,2	51,2	0	38,5	15,5	33,9	46,3
183	33,5	1,5	51,2	0	36,6	15,8	33,3	46,6
184	33,3	1,3	52	0	36,7	15,4	33,1	46,6



185	33	1	52,7	0,4	37,3	15,3	32,9	46,7
186	33,6	0	52,7	0,5	38,2	15,3	33,4	46,7
187	34,6	0,8	52,2	0	39,8	15,3	33,7	46,8
188	35,6	1,1	53,7	1	38,3	14,4	34,6	46,8
189	35,1	1	52,5	1	35,6	14,9	34,6	46,9
190	35,1	0,2	51,4	1,1	34,7	14,2	34,3	47
191	35,1	1,1	49,6	0,7	35,6	14	34,6	46,9
192	35,4	1,1	50,5	1	33	13,6	34,7	46,7
193	35,1	0,9	50,5	0,9	34,6	13,5	34,8	46,8
194	35,9	1,2	50,4	0,6	33,7	12,9	34,9	47,2
195	35,3	1,1	50,6	1,1	32,5	13,1	35	47,2
196	34,7	2,4	49,8	1	32,3	12,9	34,7	47,3
197	34	1,6	49,5	1,4	34,1	12,6	34,7	47,4
198	33,7	1	48	0	33,8	13	34,1	47,4
199	34,2	1,1	50,4	0,3	33,9	12,8	34,1	47,3
200	34,6	1,7	52,2	1,2	33,8	13,5	34,6	47,4
201	33,4	1,5	51,8	1,4	33,1	13,5	34,6	47,6
202	34	1,3	48,8	1,2	34	12,3	33,8	47,7
203	33,7	1	48	1,2	35,6	11,9	34	47,2
204	35	1	47,9	1,1	35,5	12,9	34,1	46,9
205	34,9	0,7	48,4	1,2	35,9	12,6	34,7	47,1
206	35,8	0,3	48,6	0,6	35,1	13,5	34,9	47,3
207	36,5	0,2	50,3	0	34	13,1	35,4	47,3
208	37,7	1,3	52,6	0,1	32,8	13,1	36,1	47,7
209	37	1,8	53,8	1,5	31,9	12,7	36,8	47,9
210	35,6	1,1	50,3	0	30,8	13,8	36,1	48
211	35,7	1,2	50,1	0,7	30,9	12,6	35,6	47,8
212	35,5	1,4	52,3	1,2	32,4	12,9	35,6	47,8
213	34,5	1,4	50,1	1,1	31,1	12,5	34,9	48,1
214	34,1	0,9	49,4	1,2	31,2	12,1	34,8	47,8
215	35	2	48,1	0,4	31,4	11,3	34,5	47,7
216	34,1	2	50,8	1,3	32	11,3	34,6	47,4
217	33,7	1,7	48,7	1,3	31,4	11,4	34,4	47,8
218	34,5	1,1	47,6	1,2	32,5	11,4	34,2	47,4
219	34,1	0,8	48,1	0,9	32,1	11,9	34,4	47,1
220	35,1	1	48,8	0,8	32	12	34,6	47,3
221	35,1	1	50,3	0,8	31,3	11,6	34,8	47,5
222	34,9	1	50,3	1	31	11,6	35,1	47,8
223	34,9	1	49,8	1	31,7	11,2	35,2	47,9
224	35,1	1	49,6	0,9	31,3	11,2	35,1	47,8
225	34,8	0,3	49,1	0,8	31,1	11,8	34,9	47,7
226	36,2	0,6	49,5	0,5	31,7	11,6	35,3	47,8
227	37,3	1,2	51,8	1	32,4	11,7	36,1	47,9
228	36,2	0,9	52,4	0,7	30,1	12,4	36,5	48,3



229	36,4	1,4	51,5	0	29,2	11,7	36,4	48,8
230	35,6	1,5	53,3	0,8	28,2	11,2	36,7	48,6
231	34,8	0,2	53,5	0	28,2	11,9	36,1	48,5
232	36,6	1,1	53,4	0,2	30,4	11,3	35,5	48,6
233	36,3	2,4	54,8	1,4	30,2	11,4	36,3	48,4
234	34,9	2,2	51,4	1,5	30,2	11,5	35,9	48,7
235	34,9	2,6	49,6	2,2	29,6	10,9	34,7	48,4
236	33,9	1,8	48,3	1,8	31,5	11,2	34,8	48,1
237	33,9	1,4	47,9	1,2	32,8	10,7	34,1	48,1
238	33,4	1,6	48	1,1	33,1	11	34,1	47,8
239	33,2	1,4	48,6	1,1	34,4	11,2	34,3	47,8
240	33	1,3	48	1	33	11,1	34,1	47,8
241	33,1	1,5	47,9	1,4	33,5	11,4	34	47,7
242	33,5	1,4	47,1	1,4	34,7	11,3	34,1	47,8
243	33,9	1,2	47,5	1,2	35,5	11,7	34,1	47,7
244	34,5	1,4	47,8	1,2	34,4	11,9	34,3	47,8
245	33,4	1,4	48,1	1,3	33,2	11,7	34,3	47,6
246	33,1	1,4	46,4	1,4	33,4	11,8	34,1	47,5
247	32,9	0,9	46,2	1,2	33,2	11,7	34,1	47,4
248	33,7	1,2	45,7	1	33,7	11,5	33,9	47,3
249	33,5	1,4	46,8	1,2	35,8	11,7	34,7	47,3
250	32,9	1,7	45,4	1,2	32,6	12,4	34,3	47,4
251	32,7	1,4	45,2	1	33,2	11,8	34	47,3
252	32,7	1,2	46,2	0	34,4	11,7	33,7	47,3
253	33,1	1,3	47,3	0	34,1	11,9	33,6	47,4
254	33,5	0,2	50,1	0	34,4	11,6	33,6	47,4
255	35,2	1	50,9	0	35	12,6	33,9	47,7
256	34,7	1,4	51,6	0,5	34,2	12,4	34,5	47,8
257	34,5	1,6	52,2	1,3	33,6	12,7	34,4	47,8
258	33,5	1,3	47,9	1,3	34	12,3	34,2	48,1
259	33,4	0,9	47,2	1	34,2	11,9	33,8	47,6
260	33,9	1,3	47,5	1	33,8	12,1	33,8	46,9
261	34	1	48,1	1,1	35,1	12,3	34,3	47,3
262	34,5	0,8	47,7	0,6	34	12,3	34,3	47,3
263	35	2,4	49,6	0,8	32,5	12,4	34,7	47,3
264	32,6	0,6	49,9	1,4	31,5	11,8	34,6	47,7
265	33,8	0	48,1	0	33,4	11,9	33,3	47,7
266	33,8	1,3	50,9	0	35,2	12	32,6	47,2
267	34,6	1,3	51,5	1	37,1	12,6	34,1	47,6
268	34,9	1,4	51,7	0	34,7	13,2	33,8	47,7
269	34,2	1,1	52,3	0,5	34,6	12,2	34,1	47,8
270	34,5	1	53,8	0,2	34,5	12,6	33,9	47,8
271	35	1,5	52,5	0	35,2	12,1	34,3	48,1
272	34,3	0,9	53,2	0,1	34	11,9	33,8	47,8



273	34,2	0	53,6	0,1	33,7	12,9	33,2	47,9
274	35,8	1,5	54,7	0	34,9	12,3	33,6	48
275	35,4	0,7	56,1	0,2	35,2	12,8	34,7	48,1
276	36,1	0,8	56,3	0,3	32,9	13,1	34	48,2
277	36,1	0,5	56,4	0	33,4	11,5	34,2	48,4
278	36,7	1,3	56,9	0,6	33,2	12,6	34,8	48,3
279	36,3	1,7	57,2	0,1	32,6	11,6	35,1	48,4
280	34,5	1,6	56	1,8	34,1	11,7	34,7	48,6
281	33,6	1	53,7	0,9	34,3	11,9	34	48,5
282	34,5	1,3	52,8	0,9	34,3	12	33,7	48,3
283	34,5	1,2	54,9	0,2	34,3	11,2	34,1	48,2
284	34,9	1,1	56,1	0	34,2	11,4	33,9	48,8
285	35,1	1,4	57,3	1,2	34,6	11,7	34,1	48,7
286	35,2	0,3	57	0,7	34,7	11,8	34,3	48,6
287	34	1,6	54,4	0,9	34,2	12	34,6	48,7
288	35,5	3,5	55,4	3,4	33	11,7	33,6	48,6
289	34,7	1,2	56,9	1,9	32,4	11	33,8	48,5
290	34,2	1,3	49,5	1,5	33,5	12,1	33,6	48,7
291	32,8	1,4	53,1	0	33,1	10,5	34,3	47,5
292	34	1,5	51,7	0	33,2	12	33,1	47,9
293	33,8	0,1	54,7	0	34,4	11,1	33,6	47,4
294	35,2	0	56	0	34,4	11,7	33,5	47,8
295	36,9	0,4	56,8	0	36	12,7	34,4	48,1
296	37,7	1,3	57,4	0,2	34	13,1	35,3	48,2
297	38,6	3,9	58,7	1,3	31,9	12,7	35,8	48,2
298	33,9	2,7	57	2,9	30,9	12,8	36,5	48,5
299	32,8	3,4	50	0	31,3	11,9	33,8	48,7
300	31,9	1,7	50,3	1,2	33,1	11,5	33,1	47,6
301	32,6	1,4	46,9	1,4	34,6	11,8	32,4	47,2
302	33,3	1,2	48,9	1,2	35,5	11,2	33	46,2
303	33,8	1,7	49,4	1,5	34,3	11,7	33,6	46,6
304	33,6	2,1	49,7	1,5	30,8	11,7	33,7	47,1
305	32,5	2,5	49,1	2,1	29,5	10,8	33,2	47,2
306	31,6	1,5	46,5	1,3	30,5	10,8	32,4	47,1
307	30,8	1,2	46,1	1,8	31,5	10,9	32,1	46,3
308	31,6	1	44,3	1	33,4	11,2	31,8	46,2
309	32,3	1,5	46,1	2	35,3	11,8	32,2	45,8
310	32,3	1,1	45,9	1	38	11,9	32,7	46,1
311	32,1	0,6	46,3	0,5	34,2	13	32,7	45,7
312	32,8	0,2	46,4	1	32,5	12,7	32,9	45,8
313	33,3	0,3	46,8	1	31	12,4	33,2	46
314	33,8	0,6	46	1,2	31,3	11,9	33,2	46,2
315	33,7	0,9	46,8	0,2	30,7	12,2	33,3	46,1
316	33,9	1,7	48,5	1,4	30	11,8	33,7	46,1



317	33,1	0,8	47,3	1,9	29,1	11,4	33,4	46,4
318	32,8	2	45,1	2	30	11,4	32,6	46,4
319	32	1	43,6	1,5	31,7	12	32,1	45,6
320	31,8	0,9	43,5	1,8	34,4	12,3	31,8	44,9
321	32,8	1	45,4	1,4	35,7	12,6	32,6	45,1
322	32,5	1,4	44,1	1,3	33,6	12,8	32,5	45,2
323	31,5	1,8	44,2	1,3	33,7	12,6	32,1	45,1
324	31	0,7	43,2	1,3	33,2	12,8	31,7	45,1
325	31	0,5	41,9	1,7	34,2	12,5	31,3	45,1
326	32,2	0,9	42,4	1,2	35,2	12,6	31,3	44,7
327	32,2	0,5	43,2	0,9	36,5	13,3	31,6	44,4
328	32,6	1	43,9	0,9	35,6	13,1	31,7	44,9
329	32,3	1,7	43,8	1	38	13	32,1	44,8
330	31	0,7	43,7	0,9	37,4	13,4	31,8	44,9
331	31,6	1	42,8	0	37,1	13,4	31,6	45
332	32,4	0,9	45,3	0,5	38,3	13,3	32,1	45
333	32,7	1	46,5	0,7	36	13,6	32,2	45,2
334	32,7	0	45,8	0	36,1	13,6	32,2	45,4
335	32,8	0	46,2	0	36,7	13,1	32,4	45,4
336	35,7	1	47,9	0	36,2	13,1	32,7	45,4
337	35,6	1,3	48	1,1	35,2	14,8	34,2	45,5
338	34,2	1,2	48	1,2	32,6	14,4	34,1	45,6
339	33,5	1,8	46,2	0,7	32,6	14,2	33,7	45,7

Ensayo 2, 10°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	T s Higo	T e Higo	Hr e
1	36,2	0,8	45	0	28,4	48,5	32,89	12,5
2	35,2	1	46,7	1,1	29	48,8	31,89	13,1
3	34,9	0,1	45,8	0,2	30,2	49,1	34,94	12,6
4	38,7	0,4	47,5	0,9	25,5	48,9	34,89	12,4



5	38,8	0,9	47	0	26,3	49,2	34,00	12,4
6	37,4	1,3	47,8	0,9	26,5	49,2	33,56	12,3
7	36,9	0,9	48,9	0	27,9	49,4	34,06	12
8	36,5	0,4	48,6	0,8	27,9	49,4	34,44	12,3
9	37,2	1,1	47,6	0,1	27,3	49,4	33,83	12,2
10	36,9	0,9	49,3	1,2	27,5	49,4	33,56	12,3
11	37,5	1	47,5	0,9	27,7	49,6	33,67	11,8
12	36,3	1,3	47,4	0,9	28,1	50,1	33,11	12,5
13	35,6	1,2	46,5	1,2	29,3	49,3	33,06	11,7
14	35,3	1,4	46,1	1,2	29,7	49,9	32,89	11,6
15	36	1,7	45	1,1	29,7	49,8	32,78	11,5
16	34,9	1,3	45,7	1,5	30,4	49,8	33,06	11,1
17	35	1,1	44,1	1,1	29,4	49,8	32,89	11,1
18	34,9	1	44,6	1,1	30,8	50,2	33,11	11,3
19	35,4	1,1	44,6	0,8	29,8	49,9	32,89	11,5
20	35,3	1,2	46,3	0,8	31,2	49,7	32,78	11,7
21	35,2	0,9	46,5	1	30,3	49,8	32,89	12
22	35,5	1,8	45,7	0,6	29,6	49,8	32,83	11,8
23	35,1	1,1	46	0,6	29,3	49,8	32,72	12
24	35,5	1,2	46,9	0,1	29,7	50,2	32,78	11,9
25	35	0	48,2	1,4	30,2	50,3	34,44	11,9
26	36,9	0,7	44,8	0,8	28,6	49,9	33,67	11,6
27	37,6	0,7	44,8	0,1	28,8	49,8	33,67	11,6
28	36,9	2,2	47,7	0,6	28,8	50,2	33,44	11,5
29	36,4	1,3	47,2	1	29,8	50,4	33,06	12,5
30	35,1	1,1	46,9	0,5	28,9	50,5	32,94	12,6
31	35,5	1,5	48,3	1	29,2	50,2	32,94	11
32	35	1,5	46,3	1,3	29,6	50,4	33,39	12,2
33	35,1	1,1	45,3	1,3	29,8	50	33,89	11,1
34	35,9	1,4	44,7	1	28,7	49,9	33,50	11,5
35	35,9	2	45,2	1,1	27,7	49,7	33,56	12
36	35	1,1	45,1	0,6	27,3	50	33,56	11,9
37	36,6	1,7	46,3	0,1	28	49,9	32,72	11,4
38	35,2	0,6	48,5	0,5	29,2	49,6	33,06	11,7
39	35,6	0,1	48,6	0	29,3	49,8	33,78	11,4
40	37,3	1,4	49,1	0	28,9	50,3	34,17	11,3
41	38,7	0,5	49,3	0	27,5	50,1	33,94	12,2
42	38	1,5	49,9	0	27,8	49,5	33,11	11,8
43	35,8	1,1	51,5	1,3	27,5	49,6	32,83	11,5
44	35,8	1,5	48,4	0,6	28,2	49,8	32,78	11,5
45	35,5	0,8	48	1,6	28,6	49,9	32,61	12
46	35,9	0,7	49,4	2	28,2	49,7	32,61	11,8
47	37,1	0,6	45,4	1,1	30	50,4	33,17	12,1
48	37,4	0,9	46,4	1	29,9	50,3	33,39	12,3



49	37,1	0,9	47,3	0,8	29,2	50,4	33,50	11,4
50	36,7	0,8	47,4	0,9	28,6	49,8	33,89	11,9
51	37,1	0,7	48,1	0,7	28,2	50,3	33,72	12
52	37,6	1	48,3	0,8	28,3	50,6	33,67	12,1
53	37	2,4	48,4	1,4	28,8	50	33,17	12,2
54	35,2	0,6	46,6	1,7	28,1	49,8	34,06	11,7
55	37,3	0,7	45	1	28,7	49,8	33,83	12,3
56	37	1,2	48,2	1	28,3	49,7	33,06	11,6
57	36,6	1,3	48,3	1,7	27,9	49,3	32,56	11,7
58	35,6	1,6	46,9	1,7	28,3	49,9	32,22	11,1
59	33,9	1,1	44,9	1,5	30	49,9	32,33	11,7
60	34,7	0,8	44,2	1,3	29,6	49,9	32,50	11,4
61	34,6	0,5	45,1	1,4	29,9	49,9	32,67	11,4
62	35,6	0,7	45	1	30,6	49,8	33,00	11,1
63	36	0,7	45,4	1,3	30,5	49,8	33,28	11,1
64	36,5	0,5	45,9	1,5	29,3	49,8	33,33	11,6
65	36,8	1,1	46	1,1	29	49,9	33,56	10,9
66	36,5	0,6	46,6	0,6	29	49,8	33,89	11,5
67	36,3	2	47,7	0,6	28,5	49,9	33,50	11,4
68	36,3	1,6	47,2	1	28,5	50	32,94	11,6
69	34,7	1,1	48,1	1,4	29	50,1	33,33	11,3
70	34,9	1,2	45,5	0	28,8	50	33,06	11,7
71	35,3	1,4	46,5	1,6	28,7	49,7	32,61	11,7
72	34	1,6	48,4	1,7	29,5	49,6	32,33	12,1
73	33,2	1,5	45,2	1,7	29,7	49,7	32,11	11,9
74	32,9	0,7	43,8	1,1	29,8	49,81	32,50	11,78
75	33,5	0,6	44	0,4	30,9		33,22	
76	34,2	0,7	45,7	0,7	30,3		33,61	
77	35,2	1,5	46,7	0,7	30,1		32,72	
78	34,6	1,2	47,8	0,9	30,3		32,44	
79	33,6	0,7	46,9	1,1	30		32,56	
80	33,6	0,8	45,8	0,1	30		32,89	
81	34,7	1,1	47	0	30,2		33,22	
82	34,7	0,9	48,3	0,9	29,3		32,94	
83	34,5	1	47,7	1,2	30,5		32,94	
84	34,1	0	46,2	1,6	30,6		34,61	
85	36,2	0,8	45,7	0	27,4		34,44	
86	36,1	0,3	47,4	1,4	27,4		35,17	
87	37	0,4	48	0	25,8		34,61	
88	37,3	0,2	48,8	0,4	26,4		35,00	
89	37,4	0,4	49,8	0	26,3		35,06	
90	37,6	1,1	50,4	0,2	26,4		34,56	
91	36,6	0,8	51,4	0,9	26,8		34,44	
92	35,5	1	49,9	1,2	27,5		34,78	



93	36,6	0,7	47,3	0,5	27,7		34,50	
94	36,7	0,4	49,7	1	27,4		33,94	
95	36,8	0,6	49,3	1,2	29,3		33,89	
96	37,3	1,3	47,9	1,3	28,2		33,22	
97	35,2	0,4	47,4	1,5	29,2		33,28	
98	34,5	0,8	46,6	1,6	29,3		33,06	
99	35,7	1,2	45,2	1,5	30,7		32,94	
100	34,7	0,9	45,7	1,4	30,1		32,72	
101	34,6	1	46,3	1,2	30,4		32,67	
102	34,9	1,1	45,4	1,5	30,2		32,56	
103	34	1,1	45,9	1,4	29,6		32,22	
104	34,3	1,5	45,6	0	29,8		32,06	
105	33,2	1,1	46,8	0,3	30,5		32,72	
106	34	0,8	48,3	0	30,4		33,11	
107	34,4	1	48,8	0	29,4		32,44	
108	35	1,4	49,8	0	29,7		32,00	
109	33,7	1,3	50,4	0	30,2		31,78	
110	33,4	2	50,9	0	30,3		31,83	
111	34	1,2	51,3	0	30,8		31,78	
112	33,4	0,6	51,6	0	31,3		32,17	
113	34,6	1,3	52,2	0	31,4		32,17	
114	34	1,2	52,5	0	30,8		32,33	
115	34,1	1,2	52,9	0	30,3		32,28	
116	34	0,3	53,3	0	30,1		32,44	
117	34,4	1,2	54	1,1	30		32,22	
118	34	1,3	52,3	1,5	31,6		32,61	
119	34	1,3	49,2	1,3	31,1		32,78	
120	34,1	1,2	48,1	0	30,7		32,72	
121	34	1,2	50,3	0	29,7		32,17	
122	33,7	1,2	52,2	0	29,9		32,06	
123	33,4	1,1	53,3	0,6	30		32,11	
124	33,2	1,3	53	0,7	30,5		32,11	
125	33,6	1	52,6	0,2	30		32,22	
126	33,4	0,5	53,6	1,4	31,4		32,72	
127	34,1	1,2	50,1	0	30,5		33,06	
128	34,6	1,5	51,3	1,3	30,8		32,89	
129	34,1	1,1	51,8	1,7	30		32,22	
130	34,4	2,7	48,4	2,6	30,2		31,67	
131	32,6	1,1	48,6	3	30,6		31,89	
132	32,5	0,5	45,4	1,8	31,1		32,44	
133	33,9	0,8	45	0,7	32		32,78	
134	33,7	0,3	48,7	1,3	29,8		33,11	
135	35	1,1	47,4	1,6	29,4		32,56	
136	34	0,7	48,5	1,3	30,6		32,33	



137	34,3	0,8	47,5	1,2	30,8		32,56	
138	34,2	3,6	47,8	1,2	30,2		32,44	
139	32,8	0,7	47,6	1,4	29,8		32,44	
140	34	0,6	46,4	0	29,6		32,61	
141	34,6	2,1	48,4	0,3	29,6		31,72	
142	32,8	1,9	49,5	1,9	30,5		31,61	
143	31,9	1,2	46	1,6	30,8		31,56	
144	31,9	0,8	44,5	1,5	30,7		31,67	
145	32,6	0,3	45,1	1,4	31,2		31,94	
146	33,4	0,3	45,2	1	31,2		31,94	
147	34,1	0,4	45,8	1	31,3		32,28	
148	34,5	0,5	46,3	1,1	30,7		32,44	
149	34,5	0,5	46,3	0,9	30,3		32,78	
150	34,7	0,4	47,2	0,6	30,3		32,78	
151	35	1	47,9	0,7	30,5		32,83	
152	34,8	0,1	48,7	1,1	29,5		33,44	
153	35,1	1,1	47,5	0	28,8		33,22	
154	35	0,9	48	0,9	28,8		32,83	
155	34,7	0,7	49,4	0,9	30,1		33,28	
156	34,8	1	48,5	0,8	30,4		33,44	
157	34,6	1,2	48,5	0,9	31,3		32,94	
158	34,3	2	48,6	1,2	29,4		32,11	
159	32,7	1,2	46,9	1,4	30,2		31,94	
160	32,9	1,6	45,3	0,6	30,5		31,78	
161	32,3	1,1	46	1,8	31		32,00	
162	32,9	1,1	45,5	1,4	30,6		32,17	
163	33,5	1,1	44,5	0,5	31,2		32,22	
164	33	1	46,2	1,2	30,4		32,28	
165	33,2	1,2	45,6	1,2	31,3		32,44	
166	33,2	1,1	45,4	1,1	31,5		32,44	
167	33,3	1,1	45,7	1,1	32		32,67	
168	33,6	0,5	45	1,1	29,6		32,78	
169	33,9	0,6	44,6	0,6	29,5		33,06	
170	34	1,1	45,4	0,7	30		32,78	
171	34,1	1,2	46,8	0,8	32,2		33,11	
172	33,8	0,6	47,5	1,2	30,9		32,94	
173	34,3	0,4	46	1,2	29,7		32,61	
174	33,7	1,2	46	1,6	29,8		32,22	
175	33,4	1,7	44,4	1,3	30,2		32,17	
176	32,7	1,2	45,3	1,5	31,2		32,72	
177	33,2	0,9	44	1	30,3		32,72	
178	33,5	1	44,2	1	32		32,94	
179	33,6	0	45	1	30,3		33,28	
180	34,2	0	45,5	0,3	29,1		34,33	



181	35,6	0,4	45,8	0	28,7		34,61	
182	35,9	0,5	47,7	0,3	28,6		34,28	
183	35,7	0,6	50,4	1,3	29,4		33,89	
184	36	0,3	47,1	1,4	29,6		34,06	
185	36,3	0,5	46,9	1,4	30,1		34,56	
186	36,8	1,4	45,9	1,3	28,5		33,78	
187	36,4	1,1	46,6	2,4	28,7		33,39	
188	35,9	1	45,8	2	29,3		33,56	
189	36,2	0,8	45,7	1	29		33,56	
190	36,2	1	48,1	1,7	29,3		33,22	
191	36,2	0,6	46	2,1	29,2		33,78	
192	36,6	1,3	45,4	1	28,9		32,61	
193	35,3	0,9	45,3	2	30,2		32,83	
194	34,9	0,7	44,9	2	30		33,17	
195	35	0,5	44,2	1,3	29,8		33,33	
196	35,7	0,7	44,8	0,7	30,3		33,67	
197	35,8	0,9	46,3	0,4	30,5		33,72	
198	35,2	0,4	47,5	1,3	29,6		34,11	
199	35,9	0,4	45,2	0,8	29,3		34,39	
200	36,3	0,5	47,2	1	28,5		34,44	
201	36,7	0,4	47,3	0,6	28,4		34,89	
202	37,1	0,7	49,1	0,3	28,5		34,28	
203	37,3	1	48,9	1,3	28,9		33,50	
204	37,2	1,2	49,2	2,1	29,8		33,28	
205	35,9	0,7	45,8	2,8	30		33,67	
206	36,1	1,1	44,7	1,4	29,3		33,22	
207	36,4	1,2	45,6	1,9	28,9		32,78	
208	35,2	1,4	45	1,9	30,2		32,72	
209	34,1	1,4	44,4	1,3	29,6		32,78	
210	33,9	1,1	44,7	1,3	31,1		32,72	
211	34	0,9	43,6	1,1	30,2		33,11	
212	35	0,5	44,5	1,9	29,7		33,39	
213	35,8	0,5	44,7	0,1	30,8		33,44	
214	35,4	0,9	46	1	28,7		32,94	
215	35,8	1,2	46,2	2	29,4		33,06	
216	35,6	1,7	45	2,3	29,3		32,94	
217	35,3	0,9	44,4	2,1	29,1		32,72	
218	35,5	1,1	45	1,7	29,5		32,56	
219	35,5	1	44,1	2	30,3		32,67	
220	35,4	1,3	43,1	0,9	30,8		32,44	
221	35,2	1,7	43,5	2	30		32,22	
222	35,2	0,8	43,7	3,2	29,8		32,94	
223	35,3	0,5	43,3	1,1	29,5		33,11	
224	35,6	0,3	44,7	0,6	28,5		32,89	



225	35,8	0,6	46,5	1,1	29,2		33,00	
226	35,5	0,6	45,5	0,9	29,7		33,39	
227	36	0,7	45,5	1,3	28,5		33,22	
228	35,8	0,4	45,2	1,1	28,8		33,56	
229	36,3	0,8	46	0,5	29		33,89	
230	35,9	0,3	46,8	1,1	28,1		33,89	
231	36,6	0,9	45,9	0,9	28,3		33,50	
232	35,6	0,7	46,8	1,2	28,9		33,50	
233	35,9	0,6	45,6	1,3	28,6		33,72	
234	36,4	0,3	45,5	0,3	29,7		33,72	
235	36,8	0,9	45,4	1,2	29		33,11	
236	36,6	0,7	46,6	1,6	28,1		33,11	
237	36,3	0,7	46,2	1,3	29,2		33,33	
238	36,1	0,6	46	1,4	28,7		33,33	
239	36,3	0,7	45,7	1,2	29,5		33,17	
240	36,3	0,8	46	1,3	28,6		32,33	
241	36,3	1	45,8	2	29,4		32,50	
242	36,4	0,9	44,3	1,5	30		32,61	
243	36	0,5	44,9	1,3	29,6		32,39	
244	36,3	0,6	45,2	1,2	29,3		32,22	
245	36,1	0,5	45,3	1,5	30,1		32,44	
246	36,6	0,6	44,8	1	30,9		33,11	
247	36,4	0,7	45,1	0,9	31,4		33,11	
248	36,8	0,6	46	1	31		32,89	
249	36,7	0,6	46,2	1,5	30,3		33,11	
250	36,5	0,6	45,4	0,7	30,1		33,33	
251	36,6	0,6	44,9	0,8	28,4		33,11	
252	36,5	1,1	46,9	1,1	28,6		32,61	
253	35,8	0,9	46,4	1	30		32,50	
254	34,7	0,5	46,5	1,1	29,4		32,33	
255	35,7	1,4	45,7	1,1	30,4		32,33	
256	34,2	1,2	46,3	1,3	30,9		32,50	
257	33,7	0,4	44,3	1	29,8		32,39	
258	34,4	0,6	44,5	1,1	30,8		32,28	
259	33,6	0,6	45,2	1,3	30,2		32,28	
260	34,4	1	44,1	1,3	31		32,28	
261	33,9	0,9	44,5	1,2	31,5		32,44	
262	33,8	1	44,5	0,9	31,2		32,44	
263	33,4	0,5	46,1	1,1	32,3		32,89	
264	34,2	0,5	44,9	0,9	30,7		32,83	
265	34,9	0,2	45,6	1	31,5		33,11	
266	35,6	0,8	45,9	1,2	31,8		33,11	
267	35,3	1,3	45,5	0,7	31,3		33,11	
268	34,4	1,2	46,3	1	30,4		33,00	



269	34	1,1	46,1	0,8	29,7		32,67	
270	33,7	1,1	45,2	0,9	30,3		33,11	
271	33,8	1,1	45,1	0,7	30,5		33,06	
272	33,8	1,2	45,9	1	30,2		32,72	
273	33,9	1,5	46	2,3	30,4		32,39	
274	33	1,7	44	0,9	29,7		31,94	
275	32,4	1,1	43,2	0,9	29,6		32,06	
276	32,6	1	44,2	1,9	29,9		31,89	
277	32,6	1,4	43,8	0,8	30,3		31,67	
278	32,3	1,1	44,4	3,1	30,1		31,89	
279	32,3	0,9	43,3	1	30,3		32,06	
280	32,5	1,4	43,2	1,6	31,1		31,61	
281	31,9	1,3	44,7	2,1	31,9		31,89	
282	32,3	1,2	43,4	1,4	29,9		31,72	
283	32,1	0	43,1	1,3	29,7		32,06	
284	32,8	0,7	43,1	0,5	30,6		32,28	
285	33,1	1	44,3	0,3	30,3		32,22	
286	32,9		45,7	1,5	30,2		32,33	

Ensayo 3, 10°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higo	T s Hgro
1	33,2	0,5	44,6	0,3	16,4	6,6	36,8	47,7
2	34	1,1	45,7	0,8	16,6	7,3	36,8	47,8
3	33,8	1	45,9	0,8	17,7	6,9	36,8	47,9
4	33,2	1	45,3	0,7	17,1	7,2	37,2	48,3
5	33,2	1,2	44,9	1,3	17,2	6,5	37,5	48,6
6	33,1	1	43,6	0,6	44,1	5,7	36,3	48,8
7	33,8	1,1	45,5	0,9	18,4	6,6	36,2	48,7
8	33,4	1,2	45,4	1	17,7	6,2	35,3	48,8
9	32,9	1	44,2	0,5	17	5,7	34,7	48,6
10	33,3	1	44,7	1	17,9	5,7	35	48,4
11	33,3	0,3	44,2	0,6	19	5,9	34,9	48,3
12	33,8	0,4	43,9	1	19,7	6	35,2	48,4
13	34,4	0,9	45,3	0,8	20,5	6,4	35,6	48,7
14	34,2	1,5	45,8	0,9	19,4	5,8	35,6	48,9
15	33,1	0,4	45	0,7	19,8	6	35,9	49
16	33,6	0,4	44,2	0	18,7	5,6	35,5	49,2



17	34,2	0,8	46,9	1	17,7	5,5	35,8	49,1
18	34,3	1	46,6	1	17,8	5	35,8	48,8
19	33,4	0,8	45,2	0,5	18	5,8	35	48,8
20	33,6	1,1	46,5	0,7	17,9	5,6	35,1	48,9
21	33,2	0,9	46,1	0,7	18,7	5,4	34,8	48,7
22	33,5	0,8	45,7	0,8	18,8	5,7	34,7	48,9
23	33,7	0,5	45,4	1,1	19,2	5,4	34,6	48,9
24	34,2	0,4	45,5	0,7	19,8	6,1	34,7	49
25	34,8	0,5	45,5	0,7	19,9	6,1	35,1	49,2
26	35	1,2	46,4	0,9	20,3	5,8	35,5	48,6
27	34,5	1,4	46,1	1,3	18,7	5,4	35,3	48,5
28	34,1	1,5	44	1,1	18,7	5,6	35,1	48,7
29	33,2	0,3	43,3	0	19	5,2	34,4	48,8
30	34,2	0,4	44,8	0	19,6	6,3	34,9	48,8
31	34,9	1,5	46,2	1,3	18,7	5,2	35,2	48,8
32	34,3	1	45,8	1,4	18,4	5,4	35,1	48,8
33	33,7	1,5	43,7	0,9	18,4	5,9	34,2	48,9
34	34,5	1,2	44,3	1	18,7	6,8	34,1	49
35	33,8	1	45,2	1,2	18,5	6,1	34,4	48,8
36	33,7	1,7	43,9	1,4	18,6	5,6	34,1	48,7
37	32,9	1,9	43,4	1,9	18,8	5,5	33,7	48,6
38	32,5	0,6	41,3	1,2	19,4	5,5	33,4	48,8
39	33	0,5	42,2	0,9	19	5,6	33,5	48,8
40	33,8	0,9	44,6	1	18,9	5,4	33,6	49,1
41	33,6	0,6	44	1,2	19,9	5,6	33,6	49
42	34	0,8	43,4	0,6	19,3	6	33,8	48,6
43	33,8	0,9	44,5	0,8	19,2	6	34,1	48,7
44	33,8	0,9	44,5	0,9	19,6	6,1	34,3	47,5
45	34	0,8	44,3	0,7	19,6	6,5	34,5	47,7
46	34,4	1	44,8	0,8	20,6	6	34,7	47,6
47	34	0,7	44,7	0,9	20,1	6,2	34,4	47,8
48	34,4	1,2	44,8	0,9	20,1	6,2	34,4	47,7
49	33,8	0,9	44,1	1,2	19,1	6,4	34,4	47,9
50	33,5	0,8	43	0,7	19,3	6,2	34,1	48,1
51	33,8	0,8	44,3	1	19,6	6,7	34,3	48
52	34,1	1	43,6	0,7	19,2	6,9	34,3	47,9
53	33,9	1	44,8	0,8	19,1	7,6	34,3	48,1
54	33,7	0,9	44,2	0,5	19,9	6,6	34,3	48
55	34	0,8	45,2	0,7	19,4	6,5	34,8	47,8
56	33,9	0,7	44,8	0,7	19,7	6	34,7	48,1
57	34,4	1,1	45,2	0,7	20,1	6,3	34,9	48,3
58	33,9	1,1	45	0,8	18,5	6,3	34,8	48,3
59	33,7	0,3	44,9	0,4	19,4	5,8	34,6	47,4
60	34,2	0,9	45,6	0,6	19	5,8	34,8	47,6



61	34,7	1,3	46,1	0,9	19,6	5,8	35,2	47,6
62	33,8	1,2	45,2	1,1	18,7	6	34,7	47,8
63	33,3	1,2	43,9	0,9	18,4	6,2	34,1	47,9
64	32,8	0,8	44,6	0,8	18,8	5,4	34,1	47,4
65	33,2	0,8	43,5	0,5	19,6	5,7	34,2	47,7
66	33,4	1,3	44,3	0,5	18,5	5,9	34,1	47,5
67	33,1	1,1	45,4	0,9	18,3	5,9	34,1	47,3
68	32,9	1,3	44,1	1	18,3	5,8	33,8	47
69	32,5	1,2	43,3	1	18,3	5,4	33,5	47,1
70	32,5	1,2	43,3	1	19,8	5,8	33,4	47,4
71	32,5	0,6	43,1	1	19,8	5,4	33,3	47,3
72	33,1	0,9	43,3	0,9	20,4	5,6	33,4	47,6
73	33,6	1,1	43,8	1	20,2	4,9	33,8	47,5
74	33,8	1,2	43,5	1,5	20,7	5,4	34,1	47,4
75	33,1	0,7	42,4	1,2	19,7	5,7	33,6	47,3
76	33,4	1,2	43,1	0,8	19,9	6,8	33,6	47,8
77	32,9	1	43,7	1	18,8	6,1	33,5	47,8
78	32,6	0,8	43,1	1,3	19,3	5,5	33,4	47,6
79	33,2	1	42,8	1,2	19,5	5,1	33,2	47
80	33	1,1	42,9	0,8	19,5	5,1	33,1	47,4
81	32,9	0,8	43,3	1	19,1	5,9	33,5	47,7
82	33,3	0,8	43	0,8	20,5	5,6	33,6	47,4
83	33,4	0,9	43,6	0,9	19,5	5,4	33,7	47,4
84	33,5	0,6	43,8	0,8	20,1	5,5	33,8	47,5
85	33,9	0,8	43,5	1	20,9	5,9	34,1	47,7
86	33,9	0,4	44,5	1	20	5,8	33,8	47,4
87	34	0,5	43,9	0,6	19,5	5,5	33,6	47,3
88	33,9	0,8	44,7	0,5	18,8	6	33,7	47,3
89	33,7	0,9	44,9	0,8	19,8	5,7	34,1	47,6
90	33,6	0,9	44,3	0,7	20,1	6,4	34,1	47,7
91	33,6	1,2	44,3	1	20,3	6,5	34,2	47,8
92	33	0,9	43,1	0,9	20,2	6,1	33,9	47,6
93	33,1	1	43,1	0,7	20,1	6,7	34,1	47,3
94	33,5	1,1	43,9	0,9	20,3	7,3	34,2	47,3
95	32,9	1,3	43,3	0,6	19,3	6,7	33,9	47,3
96	32,9	1,3	43,7	1	20,4	7,1	33,7	47,3
97	32,8	0,5	43,7	1,2	21,6	7,1	33,7	47,4
98	32,5	0,8	42,4	0	19,8	7,8	33,4	47,3
99	32,9	0,7	44	0,9	19	7,8	33,9	47,5
100	33,4	0	43,8	1,5	19,6	7,2	33,7	47,6
101	34	0,8	43,1	1,4	18,7	7,7	34	47,6
102	34	1,3	43,4	1,3	20,4	7,4	33,9	47,6
103	33,1	1,2	42,7	1,3	19,7	6,9	33,4	47,3
104	32,9	1,7	41,8	1,3	19,1	7,7	33,3	47,2



105	32,3	1,1	42,3	1,1	19,4	8	33,1	47,5
106	32,6	0,9	41,9	0,9	19,8	7,6	33,1	47,6
107	32,6	1	42	0,6	20,4	7,4	33,3	47,4
108	32,8	1,1	43,4	0,7	19,6	8,9	33,5	47,1
109	32,7	0,9	43,5	0,9	19,1	7,4	33,4	47,2
110	32,8	1,2	43	0,8	19,7	7,9	33,6	46,9
111	32,6	0	43,4	0,6	19,6	7,6	33,4	47,2
112	33,4	0,2	43,7	0,5	18,7	7,8	33,6	47,2
113	34,1	1	44,7	0,7	19,4	7,3	34,1	46,8
114	33,9	1,1	44,8	1	19,9	8,3	34,3	47
115	33,3	1,2	43,3	0,9	19,6	8,2	34,1	47
116	33	1,2	43,4	1,1	20,7	7,9	33,9	46,7
117	32,8	0,7	42,4	0,8	19,8	7,9	33,7	47
118	33,2	0,9	42,7	0,5	19,4	7,3	33,5	46,8
119	32,9	1	44,2	0,5	18,7	7,7	33,6	47,3
120	32,7	1,4	44,4	0,7	18,5	7,6	33,6	47,3
121	32,8	0,8	43,7	0	18,7	7,9	33,7	47,2
122	33	0,7	43,8	0	18,8	7,7	33,7	47,4
123	33,4	0,9	45,3	0,5	18,7	8	34,3	47,4
124	33,4	1,6	45,4	0,5	18,6	8,2	33,9	47,3
125	33,4	0,2	45,9	0	18,9	7,8	34,1	47,6
126	33,7	0,2	43,6	0,3	19,4	8,2	34,2	47,5
127	35,2	1,1	45,9	0,3	19,6	8,4	34,7	47,4
128	34,7	1,1	47,1	0,8	18,8	8,6	34,7	47,2
129	33,8	0,9	45,3	0	18,9	8,4	34,6	47,3
130	34,1	0	45,1	0	18,8	8,2	34,6	47,4
131	35,3	0	46,7	0	18,7	8	34,8	47,4
132	36,2	0,7	47,2	0	19	8,5	35,1	47,3
133	35,3	1	47,8	0,6	18,4	8,4	35	47,5
134	35	0,4	47,6	1,3	18,3	8,5	34,9	47,3
135	34	0,9	44,3	0,9	18,6	8,7	34,4	47,5
136	34,1	0,5	44,7	0,9	19	8,3	34,2	47,4
137	34,9	1	45,7	1,4	19,5	8,9	34,3	47,2
138	34,6	0,9	44,5	1,2	18	8,6	33,9	46,9
139	34,4	0,4	44,3	1,2	18,2	6,572	34	47,847
140	34,5	0,7	44,7	1,6	18,2		33,8	
141	35,1	0,9	43,8	1,6	18,5		34,2	
142	34,6	0,9	43,1	1,3	18,2		33,6	
143	34,2	1,2	43,3	0,8	18,4		33,6	
144	33,9	1,1	43,3	1	19,1		33,6	
145	33,2	0,9	43,2	0,9	19,2		33,6	
146	33,7	0,5	43	1,2	19,2		33,4	
147	34,2	1,3	43,7	1	19,8		33,6	



148	33,8	0,8	45,6	1,2	19,3		33,9	
149	33,8	1	43,3	0,9	19,6		33,6	
150	33,7	0,5	43,7	0,6	19,3		33,6	
151	34,5	0,4	43,9	0,4	20,7		34,6	
152	34,9	0,9	45,1	0,7	18,9		35	
153	34,9	0,6	45,1	1	18,6		35,1	
154	34,8	0,8	45	1,1	17,9		34,3	
155	34,7	0,3	44,3	1	18,7		34,2	
156	35,3	0,4	45,5	0,6	18,4		34,6	
157	35,5	0,2	46,1	1,2	18,1		34,9	
158	35,4	0,1	45,1	0,2	17,8		35,1	
159	35,7	1,4	46,2	0,9	18,7		35,7	
160	35,3	0,8	46,4	1,2	17,4		35,3	
161	35	1,1	45	1,5	18		34,6	
162	34,5	0,9	43,1	1,5	18,1		34,1	
163	34,8	1,2	43,3	1,3	18,7		33,6	
164	34,2	0,5	42,4	0,8	20		33,9	
165	34,5	0,4	42,5	1,5	19,3		34	
166	34,5	0,3	42,5	0,6	19,3		33,6	
167	35,6	0,3	43,5	0,3	19,6		34,4	
168	35,4	3,4	45,2	2,1	18,4		34,6	
169	34,5	1,9	45,4	2,6	18,8		34,2	
170	33,1	0,9	41,5	2,4	19,2		33,2	
171	32,5	0,9	41,1	1,3	19,3		32,7	
172	33,4	0,7	41,9	1,2	19,6		32,9	
173	33,8	0,5	41,8	0,5	19,7		33,6	
174	34,1	0,9	43,8	1,1	19,2		34,2	
175	34,1	0,7	44,3	1,5	19,8		34,1	
176	34	0,9	42,7	0,9	19,6		33,6	
177	34,1	1,3	42	1	19,2		33,1	
178	33,9	1,7	43,9	1,4	18,6		33,8	
179	33,2	1,3	42,2	1,1	19		33,5	
180	33	1,1	41,6	1,1	18,6		33,3	
181	33,2	1,7	41,9	1,2	19,6		33,3	
182	33,5	0,7	42,2	1,3	19,8		33,5	
183	34,1	0,6	42,6	1,2	20,3		33,6	
184	34,3	1,3	44,1	1,1	19,6		33,6	
185	34,1	1,9	42,6	1,3	19,6		33,8	
186	32,6	1,1	40,8	1,3	19,2		33	
187	32,5	0,6	40,5	0,8	19,8		33	
188	33,2	0,3	41,6	0,7	19,9		33,1	
189	33,8	1,2	42,6	0,9	20,4		33,3	
190	34,1	0,9	42,7	0,7	19,6		33,3	
191	32,8	1,2	41,6	0	18,9		33,4	



192	32,4	0,4	43,9	0	18,7		32,9	
193	33,6	0	44,5	0	19,3		32,8	
194	35,8	0,1	44,8	0,1	19,8		33,6	
195	39,5	0,4	44,9	0	20		35,1	
196	38,7	1,3	44,9	1	17,8		35,3	
197	35,5	1,5	44	0,9	17,2		34,5	
198	34,2	1,1	43,3	0,9	18		33,8	
199	33,6	1	42,8	0,8	18,6		33,6	
200	33,9	0,8	42,8	0	19,6		33,7	
201	34,1	1	43,1	0,4	19,3		33,9	
202	34,6	2,5	44,5	0,5	18,8		34,2	
203	34,2	0,3	44,6	0,1	18,3		33,9	
204	34,1	0	44,7	0	18,5		33,1	
205	35,2	0	45,3	0	18,9		33,3	
206	36,9	0	45,8	0	19,4		33,8	
207	37,8	0,3	45,7	0,5	18,9		34,6	
208	41,5	0	45,8	0,4	19,3		36,1	
209	42	0,3	46	0	17,5		37,2	
210	39,9	1,4	46,5	1,1	15,4		36,9	
211	37,2	0,8	46,4	0	15,5		35,6	
212	37,4	0,6	46,2	0	16,3		35,4	
213	37,8	0,6	47,5	0,8	16,7		35,7	
214	37,7	0,6	47	0,8	17,4		35,9	
215	36,5	0,6	45,7	0,7	17,4		35,2	
216	36,9	0,8	45,4	0,8	18,2		35,1	
217	36,8	1,1	45,8	0,9	18,6		35,1	
218	35,9	0,9	45,1	0,8	17,2		34,9	
219	36,1	0,7	44,2	0,7	17,6		34,8	
220	36,1	0,8	44,7	0,6	17,5		34,9	
221	36,1	0,8	45,4	0,8	18,3		35,1	
222	36,1	1,1	45,4	1	18,1		35	
223	35,7	1	44,2	0,6	17,8		34,9	
224	35,4	1,2	44,5	0,7	17,8		35	
225	34,9	0,7	44,7	0,5	17,7		34,6	
226	35,4	0,9	45	0,3	18		34,9	
227	35,3	1,5	46	0,8	17,9		34,9	
228	34,7	1,2	44,9	0	18		34,7	
229	34,7	1,3	46,1	0,7	18,1		34,9	
230	34,2	1,6	45,7	1,2	17,9		34,6	
231	33,6	1,5	43,6	1,8	17,5		33,9	
232	33,2	1,2	42,1	1	17,4		33,7	
233	33,3	1,4	42,4	1,2	17,8		33,6	
234	33,1	1,2	42,6	1,3	18,3		33,5	
235	33	1,1	41,6	1	18,1		33,5	



236	33,3	1,1	41,7	1,1	18,4		33,6	
237	33,2	1,1	42,1	0,8	17,9		33,6	
238	33	0,8	42,7	0,6	17,7		33,6	
239	33,2	0,8	43,6	0,6	18,2		33,6	
240	33,6	0,4	44,2	0,8	18,2		33,8	
241	34,1	0,7	43,3	0,7	18,1		33,8	
242	34,4	1,1	44,1	0,8	19,4		34,1	
243	34,1	0,7	44,1	0,8	18,2		33,9	
244	34,4	1	43,7	0,7	18,1		34,2	
245	34,2	1	44,8	1	17,7		34,3	
246	34,3	1,1	43,8	1,1	18,4		34,4	
247	34,1	1	43	0,9	19,4		34,4	
248	33,7	0,8	42,8	0,6	17,9		34,1	
249	34,2	1,7	43,8	1,5	18,6		34,4	
250	33,5	2	43	1,3	18,6		33,9	
251	32,3	1,3	41,3	1,3	17,1		33	
252	32,1	0,7	40,9	0,7	17,4		32,8	
253	32,6	1,3	41,4	0,9	18		33,3	
254	32,7	1,1	42,4	0,9	17,5		33,4	
255	32,9	0,2	42,3	0,5	18		33,6	
256	33,8	0,6	43,2	0	18,2		34,1	
257	33,6	0,9	43,3	0,4	17,7		34,2	
258	33,9	1,3	44,1	0,7	17,8		34,5	
259	33,7	1,9	43,8	1,2	17,5		34,4	
260	32,8	0,9	42	1,2	16,9		33,7	
261	32,7	1,1	40,9	1,3	17,4		33,6	
262	32,9	1,4	41	1,7	17,6		33,4	
263	32,4	0,9	40,9	0,8	17,7		33,1	
264	32,8	0,3	41,1	0	18,3		33,4	
265	33,5	1,1	42,6	0,9	18,2		34	
266	33,2	1,4	42,7	0,8	18,1		33,9	
267	32,6	1,5	42,4	1,2	16,3		33,6	
268	32,4	1	41,5	1	16,9		33,4	
269	32,7	1,7	41,3	1,4	17,8		33,5	
270	32,3	1	41,1	0,8	17,1		33,1	
271	32,4	1,1	42,3	0,9	16,8		33,2	
272	32,5	0,7	41,9	1	17,5		33,2	
273	33	0,7	42,3	1,2	17,4		33,2	
274	33,3	0,4	42	1,2	17,3		33,2	
275	33,4	0,4	42	1	17,2		33,4	
276	33,9	0,6	42,4	0,5	18,3		34	
277	34,3	1	44,7	0,8	17,4		34,4	
278	34	1,5	43,6	0,7	16,2		34,2	
279	32,9	1,2	43	0	15,8		34,1	



280	33,4	0,5	43,8	0	15,6		33,9	
281	33,5	0,1	44,6	0	15,6		33,7	
282	34,4	0,8	45	0	16,1		34,4	
283	34,4	0,7	45,8	0	15,8		34,3	
284	34,4	0,5	46	0,3	15,8		34,3	
285	34,6	0,8	46	0,6	15,8		34,6	
286	34,7	1	45,3	1	15,8		34,7	
287	34,5	1,2	44,2	1,2	15,8		34,6	
288	33,8	1,1	42,7	0,6	15,2		34,1	
289	33,6	1,2	44	0,6	15,5		34	
290	33,7	1	44,3	0,1	17,3		34	
291	33,8	1,2	45,5	0,7	17,4		33,9	
292	33,4	1,5	45,2	1	16,9		34,1	
293	33	1	44,1	0,9	16,2		33,8	
294	33	0,3	43,3	0	16,6		33,7	
295	35,5	1,3	44,4	1,2	16,5		34,9	
296	34	0	43,7	0	16,1		34,1	
297	34,8	1,6	44,7	0	16,2		34,4	
298	37,3	1,8	45,8	0	16,4		35,6	
299	34,6	0,7	46,6	0	15,2		34,6	
300	34,8	0,7	46,3	0	15,4		34,5	
301	35	0,4	46,7	0	15,8		34,6	
302	35,9	0	47,1	0	15,9		34,8	
303	36	0	47,6	0	15,3		34,9	
304	36,2	0,7	47,5	0,2	15,9		35,4	
305	36,1	1,4	48,1	1,1	15,4		35,4	
306	35,1	0,6	45,9	1,3	15,7		34,6	
307	34,7	0,9	43,2	0,9	15,7		34,3	
308	34,9	1,2	45,3	1,2	16,2		34,3	
309	34,2	1,1	44,2	1	16,2		34,1	
310	34,2	0,7	44,3	2,1	16,7		34,1	
311	34,9	1,4	44,2	1,9	17		34,1	
312	34,3	0,7	43,2	1,1	16,1		33,7	
313	34,8	1,2	43,8	1,1	16,2		33,9	
314	34,3	1,4	43,4	1,3	16,9		33,8	
315	33,6	0,6	42,2	0,6	16,3		33,7	
316	34,3	0,6	43,1	0,6	16,7		34,1	
317	34,7	0,5	44,5	0,8	16,9		34,4	
318	34,9	0,6	44,3	1,2	17,6		34,3	
319	35,1	1	44,7	0,9	17,2		34,3	
320	35	0,8	44,8	0,8	17,6		34,6	
321	35	0,8	44,7	1,1	16,9		34,3	
322	34,9	0,8	44	1,3	16,7		33,9	
323	34,4	1,2	42,6	1,3	18,1		33,8	



324	33,9	0,4	42,7	1,1	17,6		33,7	
325	34,5	0,4	43,4	0,9	16,9		33,7	
326	35,2	0,9	44,8	1,1	17		34,3	
327	35	0,7	44,7	1,3	17,5		34,1	
328	35,1	1,3	43,3	1,1	16,2		33,6	
329	34,1	0,6	42,9	0,7	17,2		33,6	
330	34,5	1,1	43,2	0,4	16,3		33,8	
331	34,2	1,9	44,3	0,9	16,5		34	
332	34,1	1,9	43,5	1,3	16,9		34	
333	33	0,5	41,9	0	15,7		33,1	
334	34	0,2	42,5	0	15,6		33,6	
335	34,1	0,2	44,3	0	15,7		33,5	
336	34,9	0,3	45,1	0	16,2		34	
337	35	0	45,4	0	16		34,1	
338	35,8	1,3	46	1	16,8		34,7	
339	34,3	1,1	44,4	1,2	15,8		33,8	
340	34,1	0,6	42,9	0,8	17,2		33,7	
341	34,5	0,3	43,2	0,6	16,9		33,9	
342	37,9	0,4	44,3	0,3	17,1		35,6	
343	38,5	0,3	44,8	0,9	15,1		35,9	
344	37,1	0,6	44,8	0,8	14,9		35,3	
345	36,8	0,7	44,3	1,3	15,4		35,1	
346	36,2	0,4	43,5	1,5	15,1		34,6	
347	34,3	0,1	42,2	0	15,6		34,1	
348	37,4	0,1	43,6	0	16,1		35,8	
349	38,4	0,1	44,6	0	15		36,8	
350	38,1	1,3	45,7	1,2	14,4		37	
351	36,9	0,7	46,6	1,4	14		36	
352	37	0,4	44,8	1	15,4		35,6	
353	37,2	0,5	44,8	1,2	15,9		35,8	
354	37,3	0,9	44,2	0,8	15,9		35,7	
355	36,8	0,6	44,6	0,7	16,4		35,3	
356	36,7	1	44,7	0,8	17,3		35,2	
357	36,2	0,8	44,6	0,3	17,3		35,1	
358	36,6	1,2	45,3	0,8	16,9		35,6	
359	35,9	0	44,6	0	16		35,8	
360	36,6	0,4	45,5	0	16,3		36	
361	36,3	0	46,3	0	16,3		35,8	
362	39,4	1,4	46,4	1	15,8		37	
363	36,2	1,7	46	1,3	15,9		35,6	
364	34,7	1,1	43,4	0,9	16		34,7	
365	34,7	1,3	43,9	1,3	17		34,7	
366	34,4	1,7	42,5	1	17,3		34,3	
367	34,5	1,8	43,3	1,2	18,1		34	



368	33,4	0	42,1	1,2	18,5		33,6	
369	34,4	0,9	41,8	0,4	19,3		34,4	
370	34,8	0,9	43,8	1,1	19		34,6	
371	34,7	1	42,7	0,8	19		34,7	
372	34,1	0,6	43,8	1	19,7		34,1	
373	34,7	0,8	43,5	1,4	19,6		34,1	
374	34,7	1,4	42,9	1,4	19,1		33,9	
375	33,9	1,1	42	0,7	19,1		33,7	
376	33,5	0,8	42	0,3	19		33,7	
377	33,9	0,8	43,4	0,2	18,9		33,9	
378	34,3	0,8	44,1	1	19,1		34,2	
379	34,5	1	43,2	0,8	19,7		34,3	
380	34,3	1,4	43,5	1	18,5		34,1	
381	33,3	0,7	42,6	0,5	19,1		33,7	
382	33,7	0,8	42,6	0,4	19,2		33,9	
383	34,1	0,6	44,2	0,3	19,5		34,2	
384	34,8	0,8	44,8	0,6	19,2		34,6	
385	34,9	1,6	44,2	0,5	18,5		34,7	
386	34,1	1,5	44,1	1	19		34,2	
387	33,3	0,7	44,6	0	19,8		33,6	
388	33,7	1,2	44,2	0	19,3		33,8	
389	33,7	1	45,3	0	18,7		33,6	
390	33,6	1,4	45,7	0	18,8		33,6	
391	33,3	1,3	46,2	0	19,1		33,3	
392	33,2	1,2	46,2	0	19,4		33,2	
393	33,3	0,4	46,7	0	19,6		33,3	
394	33,9	0,4	46,6	0	19,7		33,4	
395	34,6	1,4	47	0	19,7		33,6	
396	34,9	1,2	47,1	0	19,5		33,9	
397	33,9	1,2	47,3	0	18,9		33,6	
398	33,6	1	47,8	0	18,8		33,7	
399	33,6	1,1	47,9	0	18,7		33,4	
400	33,6	1,2	48,2	0,6	19,1		33,3	
401	33,8	1,3	48	0	20,5		33,3	
402	33,4	1,2	48	0,6	20,9		33,1	
403	33,3	1	47,5	0	20,3		33,1	
404	33,5	0	47,9	0	20,7		33,3	
405	36,1	0,8	48,2	0	19,8		34	
406	35,7	1	48,4	1,2	19		34,6	
407	35,1	1,1	47,2	1,4	18,7		34,1	
408	34,2	1	44,8	1,1	19		33,6	
409	34,1	0,8	45	0,5	19,7		33,6	
410	33,8	0,8	45,6	0,6	20,4		33,6	
411	34,7	1,7	46,3	0,9	20,6		34	



412	33,5	2,2	45,5	0,2	20,5		33,5	
413	32,8	0	46,6	0,3	20		32,7	
414	34,5	0,3	47,3	0,3	21,3		33,7	
415	36,4	0,9	46,7	0	19,6		35,1	
416	35,5	1,1	47,8	0	19,1		34,6	
417	35	1,2	48,4	0	20,2		34,4	
418	34,5	1	48,3	0,1	20,4		34	
419	34,3	1,1	48,5	0,5	19,4		34,3	
420	34,1	1,2	48	0,6	20		34,3	
421	33,7	1	47,6	0,7	19,7		34,1	
422	34,1	0,8	46,1	0,8	20,2		33,8	
423	34,6	0,6	45,9	0	19,4		33,7	
424	34,9	0,7	47,7	0,7	19,4		34,3	
425	35,4	1,1	47,2	0,9	19,7		34,8	
426	34,9	1,1	46,6	0,8	20,6		34,7	
427	34,1	1	46,1	0,9	21,5		34,2	
428	34,2	1,2	45,3	0,6	21,1		34,2	
429	33,9	1,1	45,4	0,6	20,5		34,3	
430	33,8	0,4	45,6	0	18,8		34,1	
431	34,9	1	47,1	0,4	19,1		34,6	
432	34,4	0,3	47,5	0	18,6		34,1	
433	35,3	1,5	47,6	1,5	19,2		34,7	
434	34	0,3	45,5	0,4	19,8		34	
435	35,4	0,4	44,6	0,1	19,8		34,1	
436	36,4	1,4	46,1	1,2	18,9		35,2	
437	34,9	1	44,9	1,2	18,5		34,6	
438	34,6	1,1	44,1	0,4	18,8		34,2	
439	34,5	1,2	45,4	0	19,2		34,2	
440	34,2	1,4	46,5	0,7	19,1		33,7	
441	33,8	1,7	45,8	0	19,7		33,6	
442	33,5	1,6	44,9	0,9	19,3		33,7	
443	33,1	1,2	45,5	0	19,6		33,2	
444	33,3	0,8	46,4	0	20,1		33,2	
445	34,3	0,7	47,4	0,8	20,3		33,7	
446	34,8	1	45,9	0,8	20,6		34,3	
447	34,5	1	45,2	0,7	19,5		34,1	
448	33,9	1	45,6	0,6	19,3		33,8	
449	33,9	0,9	45,1	0,4	19,5		33,8	
450	33,8	0,8	45,9	0,7	19,4		33,8	
451	34,1	0,8	45,5	0	19,6		33,6	
452	34,5	0,3	46,3	0	19,7		33,9	
453	35	0,9	47,4	0,2	19,9		34,2	
454	35,2	0,9	47,5	0,8	20,2		34,6	
455	34,8	0	46,1	0	19,2		34,4	



456	35,4	0,4	47	0	19,2		34,6	
457	35,7	1,9	48	1,1	19,5		35,1	
458	34,8	1,5	45,7	1,1	19,6		34,3	
459	33,7	1,1	44,1	1,4	20,3		33,9	
460	34,2	0,7	43,7	1,2	19,9		33,7	
461	34,4	1,4	43,7	1,3	20,5		33,7	
462	34,7	1,2	43,5	1,2	20,2		33,8	
463	34	0,9	42,6	0,9	19,7		33,7	
464	34,3	1,2	43,2	1,1	20,5		34,1	
465	34,1	1	43,5	0	20,5		34,1	
466	34	1,1	43,2	0,7	19,3		34,2	
467	33,6	1	44,6	0,8	18,8		34	
468	33,5	1,1	43,6	1,1	19,1		33,9	
469	33,6	0,8	42,6	0,9	20,6		33,8	
470	33,7	0	42,7	0,8	19,6		33,9	
471	34,4	0,5	43,5	0	19,4		34,3	
472	34,8	0,7	45	0,2	19,2		34,8	
473	34,7	0,9	45,8	0,3	18,6		34,7	
474	34,3	0,6	45,8	0	18,5		34,1	
475	34,9	0,7	46,3	0,2	18,8		34,4	
476	35,2	1	46,7	0,9	19,3		34,8	
477	34,3	1	44,9	0,9	20		34,4	
478	34,2	0,9	44,2	0,9	19,8		34,3	
479	34,3	0,9	43,5	1,3	20,3		34,3	
480	33,9	0,6	43,5	0,8	19,5		34,1	
481	34,5	0,6	43,6	0,5	19,6		33,9	
482	34,8	0	44,6	0,2	19,7		34,1	
483	35,4	0,3	45,5	0,2	19,7		34,4	
484	35,6	0,7	46,2	0,4	19,7		34,8	
485	35,8	0,7	46,4	0,6	19,6		35,3	
486	35,8	0,8	45,8	0,5	19,2		35,3	
487	35,9	1	45,9	0,5	19,4		35,6	
488	35,2	1,1	45,9	0,8	18,8		35,1	
489	34,5	1,1	45,3	0,9	19,6		34,8	
490	34,5	0,8	44,8	1	19,5		34,6	
491	34,6	1	43,5	1,1	19,3		34,2	
492	34,7	0,6	43,9	1	19,6		34,1	
493	35,1	1	43,6	0,7	19,6		34,3	
494	34,7	1,1	44,2	0,8	19,5		34,3	
495	34,3	0,6	43,9	0,7	19,5		34,3	
496	34,9	0,6	43,5	0,5	19,6		34,6	
497	35,2	1,1	45,3	1,2	20,7		34,8	
498	35,3	1	43,6	0,7	20,4		35,1	
499	34,6	1	44,4	0,4	19		34,6	



500	34,4	1	45,3	1	20,1		34,4	
501	34,5	0,8	44,3	0,8	19,8		34,2	
502	34,1	0,3	43,9	1,1	21,1		34,2	
503	34,7	1,1	44	0,9	20,8		34,2	
504	34,3	1,3	44,5	1,2	20,2		34,3	
505	33,7	1,3	43	1,2	20,5		34,2	
506	33,5	0,6	42,6	1,4	21,3		33,9	
507	34,4	0,8	42,4	1,5	20,9		33,6	
508	34,5	0,8	41,7	1,1	21,2		33,6	
509	34,4	0,8	41,8	1	20,5		33,7	
510	34,5	0,7	42,5	1	20,6		33,8	
511	34,8	1,2	41,7	1,2	20,1		33,6	
512	34,3	1,2	42,2	1,3	20,7		33,5	
513	33,2	0,9	41	1	20,6		33,3	
514	33,6	0,7	40,9	0,7	20,3		33,4	
515	33,8	0,4	42,2	0,4	19,8		33,6	
516	34,1	0,3	43,4	0	20,3		33,9	
517	35	0,8	43,7	0,5	20,6		34,8	
518	35,1	1,2	44,5	0,7	19,6		34,9	
519	34,1	1,2	43,5	0,7	18,8		34,6	
520	33,6	0,9	43,1	0,3	19,4		34,5	
521	34	0,9	44,1	0,3	19,4		34,8	
522	33,9	1	44,6	0,6	19,8		34,5	
523	34,4	1	44	1,1	20,2		34,8	
524	34,3	1,1	42,6	1	19,6		34,3	
525	33,4	0	42,4	0,6	19,7		34	
526	33,4	0	42,6	0,3	19,9		33,8	
527	37,5	0,9	43,9	0	19,4		35,4	
528	36,6	0,9	45,2	0,6	18,4		35,6	
529	35,5	1,1	45	0,6	18,6		35,3	
530	34,6	1,2	44,6	1	19,2		35,1	
531	34	1,2	43,4	1	18,8		34,6	
532	34	0,2	42,6	0	19		34,4	
533	34,3	1,1	42,2	0,2	19,1		34,8	
534	34,5	0,3	44,5	0	18,5		34,6	
535	35,2	0,8	45,1	0,1	19,6		34,8	
536	35,6	1,2	45,7	0,7	19,6		35,1	
537	34,8	1,1	45,3	1,1	19,4		34,9	
538	34,5	0,8	43,2	1	19,4		34,7	
539	34,7	0,9	42,7	0,6	19,1		34,6	
540	35	1	44	0,5	18,9		34,9	
541	34,5	0,9	44,7	0,6	19,2		34,8	
542	34,6	1,2	44,6	0,4	19,8		34,8	
543	34,3	1,4	44,9	0,8	20,7		34,6	



544	34	1,2	44	0,8	20		34,3	
545	33,8	1	43,6	0,6	19,1		34,6	
546	33,7	0,9	44,1	0,4	19,3		34,5	
547	33,7	0,6	44,4	0,7	18,8		34,6	
548	34,1	0,9	43,9	1	19,8		34,7	
549	34,1		43,5		19,3		34,4	
	34,3	0,90	44,36	0,74	18,69		34,25	

Ensayo 1, 15°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higo	T s Hgro
1	34,3	1,3	49,4	1,1	29,4	13,3	36,2	45,9
2	33,6	1,2	48,2	1	31,6	13,4	35,9	45,8
3	33,3	0,8	47,6	0,8	32,7	14,2	36,4	45,9
4	34,4	0,1	50,1	0,6	31,3	13,8	36,5	46,1
5	35,3	1,2	50,4	1,3	31,2	13,6	37,3	46,3
6	36,1	1,4	49,2	1	29,6	13,4	36,3	45,8
7	34,5	1,4	48,8	1	31,5	13,7	36,2	45,9
8	34,1	1,7	48,4	0,8	31,2	13,6	35,5	45,9
9	33,4	0,3	49,1	0	31,6	14	35,1	46,1
10	35	1,1	51,8	1,3	32,5	13,6	35,6	46,1
11	34,7	1,1	49,8	1,2	33	13,9	36,2	46,1
12	35,2	0	48,5	0	30,9	13,2	36,1	46,3
13	35,7	0,9	51,1	1,1	30,1	13,2	36,7	46,6
14	35,8	1,6	49,3	1,4	30,6	12,7	36,1	46,2
15	34,2	1,3	47,2	1,1	30	13	35,7	45,9
16	34,1	1,3	46,4	0,7	30,7	13	35,3	45,9
17	33,9	1,2	48,2	1,1	30	12,1	35,4	46,1
18	33,7	1,9	47,7	1,5	30,5	12,5	34,9	45,7
19	33	2,3	45,8	1,1	32,1	12,8	34,3	45,6
20	32,4	1,2	45,8	0,2	32,3	13,1	33,5	45,6
21	32	1,6	48,7	1,3	32,1	12,7	33,6	45,8
22	31,9	1,7	46,4	1,3	32,8	12,4	33,5	45,1
23	31,7	1,5	45,7	1	32,7	13	33,4	44,4
24	31,8	0	46,1	0,3	32,8	13,2	33,8	44,9
25	32,6	1,3	49	0,9	32,3	13,2	34,4	45,6
26	33,4	1,6	48,1	1,1	33	13,5	33,9	45,3
27	32,2	1,3	46,9	0,7	32,4	12,9	33,3	44,9
28	32	0,9	47,3	0	34,8	13,9	34,1	45,2
29	33,7	1,1	48,6	0	33,8	14,7	33,9	45,4
30	33,5	1,1	50,9	0,7	33,5	15,2	34	45,5
31	33,6	0	50,2	0	34	14,3	34,5	45,6
32	35,1	0	51,3	0	32,9	15,1	36,8	45,7



33	38,2	1,3	52,2	0	27,9	15,1	36,1	45,9
34	36,2	1,4	53,3	0,8	27,8	14,4	34,8	45,9
35	34,5	1,3	53,4	0,9	30,1	13,3	34,8	46,1
36	34,5	1,3	51,3	1,3	32,9	13,7	34,8	45,7
37	34,1	1,4	49,1	1,1	33,3	14,7	34,8	45,1
38	33,7	1,5	48,2	1,1	31,5	14	34,4	45,1
39	33,4	1,5	48,8	1,2	33,1	14,5	34,4	45,2
40	33,1	1,4	47,7	1,1	33,3	14,8	34,4	45
41	33,1	1,6	48,1	1,2	32,4	13,7	34,4	45,1
42	32,8	1,6	47,6	1,2	33,3	13,7	34,2	45,2
43	33,3	0,8	47,6	1,3	36,2	14,7	34,6	45,2
44	34,4	0,3	48,5	1,1	35,7	14,7	35,6	45,3
45	35,9	1,8	49	1,5	34,1	14,7	36,2	45,5
46	35,8	1,7	48	1,4	33,5	14,4	35,9	45,3
47	35,5	1,9	48,4	1,3	33,3	14,5	35,1	45,4
48	33,9	1,7	47,3	1	32	13,6	34,8	45,4
49	32,8	2,4	47,3	1,4	32,4	13,1	34,2	45,4
50	32,1	1,7	46,3	0	32,7	13,2	33,3	45,4
51	32	0,9	48,8	0,4	33,6	13,4	33,3	45,7
52	32,7	0	49,7	0	34,5	14,5	36	45,8
53	38	1,6	50,6	1,3	31,1	14,8	36,6	46,3
54	36,7	1,6	50,3	1,4	29	12,8	35,4	46
55	35,1	1,6	49,4	1,5	31,7	13,3	35,1	46
56	33,6	1	46,9	0,6	31,5	12,9	34,6	45,9
57	33,7	2	48,4	0,7	31,4	12,8	34,9	46,2
58	33,7	0,9	49,1	0,8	31,7	12,8	35,1	46,1
59	34,8	0,9	50,5	1	31,3	12,7	35,8	46,1
60	35,7	1,4	50	1,1	34,1	13,8	36	46,1
61	35,2	1,5	48,2	0	32,9	14	35,4	46,3
62	34,3	0,2	49,2	1,6	31,3	13,3	35,9	46,3
63	35,2	1,2	49,7	0,4	30,5	13,2	35,7	46,3
64	35,3	1,1	50,3	1,4	29,6	12,9	36,6	46,4
65	36,2	1,8	50	1,4	29,2	12,3	35,9	46,5
66	35,1	1,6	48,1	1,1	29,5	12,1	35,4	46,3
67	34,3	1,8	48,7	1,3	30,9	12,1	35,2	46,6
68	34,5	1,3	48,4	0,9	30,9	12,1	34,9	46,4
69	34	1,2	48,4	0,9	31,4	12,1	35,6	46,4
70	35,1	2	48,9	1	31,2	12,4	35,1	46,3
71	33,6	1,5	48	1,2	32	12,4	34,8	46,3
72	33,4	0,7	47,2	0,4	31,4	12,4	35,4	46,2
73	34,6	1,3	49,7	1	31	12,5	35,2	46,4
74	34	1	48,6	0,7	30,5	12,7	35,1	46,2
75	34,8	1,3	49,9	1	29,8	12,2	35,1	46,2
76	33,8	1,5	48,4	1,2	29,9	12,2	34,9	46,2



77	33,8	1,1	47,7	0,8	32,4	13,2	35,4	46,1
78	34,9	0,8	48,9	0,9	32,2	13,4	36,4	46,3
79	36,3	1,3	50,2	0,9	29	13	36,1	46,4
80	36	2,3	50,1	1,4	29,2	12,9	35,7	46,4
81	35,2	1,7	48	1,2	29,9	12,2	35,1	46,2
82	34,9	1,8	47,8	1,8	31,8	12,8	35,1	46,1
83	34,8	2,5	46,9	1,6	31,3	12,4	34,1	45,7
84	33,7	2,4	46	1,6	32,2	12,5	33,9	45,7
85	33,3	2,3	46,2	1,2	32,4	12,6	33,6	45,6
86	32,6	1,8	46,6	1,2	33	12	33,6	45,6
87	32,5	1,5	47,2	1,4	33,5	12,2	33,7	45,7
88	32,8	1,9	46,8	1,3	33,5	12,3	33,6	45,6
89	32,8	1,6	46,3	1,3	34	12,4	33,7	45,6
90	32,9	1,4	46,1	0,9	33,6	12,7	33,7	45,7
91	32,8	1,3	47,1	1,2	33	12,2	34,1	45,9
92	32,8	1,6	46,8	1,2	33,3	12,7	34,1	45,8
93	33	1,6	46,9	1,1	33,2	12,6	34,1	45,7
94	33,4	1,4	48	1,1	33,7	12,2	34,1	46
95	33,5	1,3	47,8	1,1	33,5	12,5	34,3	46,2
96	33,3	1,1	46,8	1	34,2	12,8	34,8	46,3
97	33,6	1,1	46,9	1	32,8	12,8	34,8	46,4
98	33,9	1,2	47,8	1,1	33,6	12,5	35,1	46,5
99	34,5	0,9	48,1	0,5	33	12,6	35,4	46,6
100	35	2,5	49,4	1,5	30,7	11,9	35,2	46,7
101	34,6	2	48	1,6	32,2	12	34,6	46,2
102	34	1,1	46,9	1,6	32,7	12,2	35,1	46
103	35	2,7	47,1	1,5	31,4	12,6	35,1	45,4
104	34,2	1,9	45,9	1,5	32,4	12,8	34,1	45,5
105	33,8	0,9	46,1	1,1	32,6	12,8	34,8	45,6
106	34,5	1,6	47,2	1,2	32,1	12,8	34,8	45,9
107	34,6	1,3	46,8	1,2	32,4	12,5	34,8	45,9
108	34,1	1,2	46,9	1,2	32,4	12,7	34,9	45,9
109	34,5	2,1	46,7	2,4	31,3	12,4	35,2	46
110	34,8	1,1	45,1	1,1	30,8	12,3	34,9	45,6
111	34,2	1,1	46	2,2	31,4	12,3	35,6	45,9
112	35,3	3,3	46,9	2,1	32,1	13	34,9	45,2
113	33,8	2,6	45	1,7	32,3	12,8	33,9	45,1
114	32,6	1,5	44,6	1,3	32,8	12,6	33,8	45
115	32,4	1,1	44,8	0	32,3	12,9	34,2	45,1
116	33,2	0,9	46,3	1,3	31,3	12,5	34,8	45,7
117	34,2	1,8	46,8	1,2	31,1	12,6	34,2	45,2
118	33,2	1,2	45,3	0,7	32,3	12,9	34,7	45,4
119	33,5	1,3	46,8	1	31,1	12,6	34,2	45,5
120	33,2	1,1	46,4	1	31,5	12,7	34,5	45,3



121	33,3	1,2	46,5	1,1	31,8	13,4	34,9	45,2
122	34,2	1,4	47,3	1,4	30,1	13,4	34,8	45,2
123	34,7	1,2	46,5	0,1	29,8	13	34,9	45,4
124	34,9	0,8	47	0,7	29,9	12,4	35,3	45,8
125	35,5	1,3	48,5	1,1	28,7	12,2	35,7	45,9
126	35,3	0,9	48	0,6	29,5	13,1	36,3	45,9
127	36,5	1,1	49,9	1	27,5	12,4	36,4	46,3
128	36,5	0,8	49,1	1,1	27,2	11,9	36,2	46,2
129	36,5	1,3	50,4	0,9	26,5	11,6	35,9	46,3
130	35,2	1,1	48,7	0,8	27,8	12,2	35,8	46
131	35,2	1,5	49,2	0,9	29,8	12,3	35,6	46
132	34,9	1,4	48,2	1,1	30	12,7	35,3	46,1
133	34,7	1,5	47,3	1,2	28,4	12,5	35,1	46
134	34,1	1,4	46,7	0,9	29,9	12,8	35,2	46,1
135	34,9	1,2	48,1	0,9	29,2	12,1	35,4	46,2
136	34,8	1,1	47,7	0,8	29,7	12,4	35,7	46,4
137	35,3	1,3	49,4	0,8	28,1	11,8	35,7	46,4
138	35,1	0,9	48,7	0,7	29,3	11,7	35,8	46,5
139	35,4	0	49,6	0	28,7	11,9	35,1	46,5
140	35,3	1,2	51,2	1	26,8	12,8	36,2	46,8
141	35,9	1,4	50,1	1	29,5	12,2	35,9	46,6
142	35,6	0	49	0	29,3	12,3	36,3	46,8
143	36,5	0,2	51	1,2	27,7	12,7	37,3	47,2
144	38,2	1,1	51,9	0,9	25,4	11,4	36,8	47,3
145	37,7	2,5	51,5	2	26,4	11,1	36,2	47,1
146	35,4	1,5	47,1	1,3	28	11,3	35,6	46,7
147	35,2	2,4	47,5	1,6	28,7	11,5	35,1	46,3
148	35,3	2,5	46,6	1,7	31	12	34,7	46,3
149	34,8	1,5	46,3	1,9	31,7	12,1	34,9	45,9
150	35,3	2	46,6	1,7	32,5	12,5	35,3	45,9
151	35,3	2,6	46,3	2,9	33,5	13	35,6	45,8
152	35,5	1,3	46	1,4	32,1	12,7	34,8	45,5
153	34,9	1,4	46,6	1,1	31,7	12,7	34,9	45,9
154	35,3	1,8	47,8	1,3	32,8	12,4	35,2	46,1
155	34,6	1,8	46	1,3	31,8	12,4	34,8	46
156	33,8	1,4	45,6	1,2	31,8	12,2	34,9	46,1
157	33,9	1,3	46,6	1,9	33,2	12,5	35,2	46,1
158	34,8	1,4	46,8	2,6	32,1	12,8	35,6	46,1
159	35,5	0,9	46,4	2	32,3	13,2	36,1	45,9
160	36,2	1,1	46,2	1,1	32,2	12,8	35,6	46
161	36	1,6	46,1	1,1	31,7	12,6	35,7	46
162	35,8	1,9	47,1	1,2	30,6	12,3	35,1	46
163	34,3	1,3	46,4	1	31,8	11,9	34,9	46,2
164	33,9	1,7	47,1	1,1	31,4	12,5	35,1	46,3



165	35,1	1,4	46,6	1,1	30,6	11,7	34,8	46,3
166	34,4	0,9	46,2	0,9	31,4	12	34,7	46,1
167	34,4	1	46,9	1,4	33,8	12,5	35,4	46,3
168	35,4	1,9	46,8	1,2	33	12,3	35,6	46,3
169	35,8	0,7	46,4	1,1	32,8	12,7	35,9	46,3
170	36,4	1,4	46,6	1	30,7	12,1	36,1	46,3
171	36,9	1,5	48,2	1,2	30,7	12,3	36,1	46,4
172	36,4	1,7	47,1	1,3	31	12,4	35,7	46,5
173	35,5	0,9	46,7	0	30,7	12,4	35	46,2
174	35,8	0,4	47,6	0	30,8	13	37	46,3
175	38,1	0,4	50	0,1	28,1	13,1	37,1	46,7
176	38,7	1,4	51,5	0,7	26,4	12,4	36,7	46,9
177	37,8	1,3	49,5	0,9	27	11,7	36,7	47,1
178	38,2	2	50,3	1,5	28,4	11,5	35,8	47,2
179	36,1	1,3	47,8	0,7	30	12,2	36,1	46,8
180	36,2	1,6	49,2	1,2	29,4	12	36	46,9
181	36,5	1,4	48,5	1,1	30,6	12,5	36,4	46,8
182	37,3	1,3	49,3	1,2	29,4	11,8	36,1	46,9
183	37,4	1,7	49	2	29,7	11,7	36,3	47
184	37,5	1,4	47,7	0,8	28,5	11,5	35,7	46,8
185	36,8	1,2	48,4	1,4	28,9	11,4	35,8	47,2
186	36,8	1,5	48,5	0,8	29,6	11,1	35,4	47,1
187	36,5	1	49,6	0,9	30,7	11,7	36,1	47,2
188	37,4	1,9	50,2	1,8	29,9	12	36,4	47,1
189	37,4	1,6	48,5	1,3	29	11,6	36,3	46,7
190	37,9	1,4	48,8	1,8	27,6	11,3	36,3	46,9
191	37,8	1,1	47,2	0,9	27,5	11,1	36,3	46,7
192	37,8	2,7	49,2	1,5	27,1	11	35,7	46,7
193	37	2,5	47,1	1,4	28,4	11,1	35,1	46,4
194	35,4	1,9	46	1,2	29,1	11	34,9	46,4
195	35,1	1,3	46,1	0,9	29,3	11,1	35,1	46,6
196	35,4	0,9	46,6	0,4	30	11,4	35,9	46,8
197	37	1,1	49,1	0,6	27,5	11,2	36,1	47,2
198	36,8	0,8	49,6	0,5	27,7	11,2	36,4	47,3
199	37,9	1,2	50,4	0,8	25,9	11,1	36,7	47,6
200	37,5	1	49,5	0,7	25,3	11	36,7	47,5
201	38,1	1	49,6	0,6	26,2	11,1	36,9	47,6
202	38,3	0,3	50,4	0,1	26,4	11,6	38	47,7
203	40,2	1,3	51,6	2,4	23,7	11,1	37,5	48,1
204	40	1,8	50,7	1,7	24,9	11	37,1	47,6
205	39,4	2,8	48,8	1,8	26,7	11	35,3	47,3
206	37,1	3,6	47	0,9	27,5	11	34,8	46,6
207	35,6	1,6	46,3	0,8	28,9	11,2	35,1	46,6
208	36,6	1,5	48,6	0,9	28,7	11	35,3	46,9



209	35,8	1,9	48,3	0	28,9	11	34,9	47,1
210	35,7	1,3	50,4	0	28,4	11,5	34,5	47,3
211	35,7	1,1	51,2	0,5	27,4	11,8	34,7	47,5
212	36,4	1,2	51,7	0,7	27,2	11	35,1	47,6
213	36,4	1,1	50,8	0,8	27,4	11	35,6	47,6
214	36,8	1,1	50,8	0,8	28,1	11	36,4	47,8
215	38,5	1,6	51	1	27,1	11	35,8	47,9
216	37,6	2,3	50,5	0,9	30,5	11,8	36,7	47,8
217	38,4	1,8	49,5	1,2	28,1	11	36,1	47,6
218	37,7	1,7	49,3	1,1	27,1	11	36,2	47,6
219	37,3	1,3	49	1,2	26,5	11	36,2	47,6
220	37,1	0,6	48,2	1,2	26,2	11	36,7	47,7
221	38,8	1,8	51,1	1,2	28,1	11	36,8	47,9
222	38,8	2,6	50,6	1,9	27,8	11	36,7	48
223	38	1,6	49,2	2	27,4	11	36,8	47,2
224	38,2	2	47,1	1,5	29	11,3	36,1	47
225	37,5	1,9	47	1,1	28,6	11,1	35,6	47
226	36,3	2,4	47,9	1,5	29,3	11,6	35,5	46,9
227	36,3	2,7	47,6	0,9	29,2	11,2	34,9	46,8
228	35,3	2,4	46,8	1,7	29,3	11	34,4	46,7
229	34,7	2,8	45,9	1,5	31	11,4	33,9	46,1
230	34,6	2,2	46	1,4	31,4	11,7	33,9	46,3
231	34,8	2,4	46,4	1,6	31,5	11,6	33,8	46,1
232	34,5	1,7	46	1,5	33	12	34,1	45,9
233	35,1	3	45,6	1,6	32,5	12,1	34,2	45,9
234	35	2,4	45,6	1,2	32,2	11,9	33,6	45,7
235	34,1	2	45,9	1,2	33,3	12,2	33,8	45,8
236	34,2	2,2	46,3	1,4	33	12,6	33,9	45,7
237	34,6	1,6	46,7	1,4	33,1	12,4	34,1	45,7
238	35,1	1,5	46,3	2	33,2	12,9	34,4	45,3
239	35,2	1,7	45,5	1	31,3	12,5	34,5	45,5
240	35,3	1,3	46,5	1,2	31,5	12,5	34	45,7
241	34,7	1,9	45,6	1,4	32,5	12,6	34,2	45,7
242	35,1	2,2	46,4	1,4	31,5	12,2	33,7	45,7
243	34,5	1,7	45,3	0,8	32,2	12,1	33,6	45,7
244	33,7	1,4	46	1,7	33,6	12,5	34,1	45,8
245	34,9	1,7	45,6	1,3	33,1	12,6	34,6	45,5
246	35,4	1,7	46,1	1	31,8	12,7	34,3	45,7
247	35,1	2	46,5	1,3	31,6	12,1	33,8	45,8
248	34,1	2,1	45,7	1,4	32	12,2	33,5	45,8
249	33,6	1,8	45,3	1,4	32,8	12,4	33,8	45,8
250	34,2	0,9	45,7	1,6	34,4	12,9	34,4	45,7
251	35,4	1,4	45,7	1,4	32,2	12,6	35,2	46,4
252	36,4	0,6	46,6	1,3	31,8	12,6	35,1	46,3



253	36,3	2,2	46,7	1,4	31,4	12,7	35,3	46
254	36,4	1,3	45,5	0,9	30	12,3	35,3	45,9
255	37	1,6	46,3	0,9	29,8	12,3	35,1	46,3
256	35,4	1,4	46	1	30,5	11,8	35	46,3
257	35,8	2	47,3	1,6	29,5	12,1	35,4	46
258	36,3	1,6	46,1	0,7	29,4	11,7	34,6	46
259	35,8	1,4	47,3	1	29,6	11,5	34,7	46,3
260	35,7	2,4	47,4	1,6	29,9	11,8	34,3	46,4
261	35,7	3,8	47,6	1,9	31,5	12,4	33,7	45,8
262	34,2	2,3	44,7	1,5	31,3	12,1	33,4	45,7
263	33,7	1,4	45,3	1	32,5	12,4	34,1	45,7
264	34,9	0	47	0,5	31,4	12,1	34	45,8
265	34,9	0,2	47,5	1,1	30,8	12	35,2	46,4
266	37,1	1,8	48,1	1	29,6	12,1	34,7	46,1
267	35,6	1,3	46,8	1	29,8	12,2	34,3	46,1
268	34,8	1,1	47	0,7	29,6	11,8	34,6	46,3
269	35,2	1,1	48,3	1,1	30,3	12,6	34,9	46,3
270	36,1	1,1	47,2	0,6	29,1	12,2	34,7	46,4
271	35,3	1,3	48,3	0,8	29	12,2	34,9	46,8
272	35,5	2,1	48,4	1,4	28,7	12,1	35,4	46,6
273	36,6	0,3	49,1	1,1	29,7	12,4	35,2	46,6
274	37,2	2,4	49,1	1,6	29,1	12,4	35,6	46,6
275	37,4	1,5	47,6	1	28,3	11,7	35,2	46,3
276	36,9	1,3	47,3	0,7	28,5	11,7	35,2	46,6
277	36	1,4	47,3	0,9	29,1	11,8	35,3	46,8
278	36	1,3	48	1	29,1	11,4	35,3	47
279	36,1	0,9	47,9	0,8	30,6	12,3	35,7	46,8
280	36,7	1,2	48,6	0,7	28,4	12,3	36,2	46,8
281	37,6	1	49,5	0	27,5	11,9	35,6	46,8
282	37	1,5	49,9	1,3	28	11,9	36	47,1
283	37,9	1,4	48,9	1	27,4	11,7	35,4	46,8
284	37,2	2	49,6	0,8	26,9	11,3	35,4	46,9
285	36,3	1,5	49,1	1	28,2	11,1	35,4	47,3
286	35,9	1,1	48,4	0,9	28,7	11,6	35,6	47,2
287	37	1,3	50	1,4	29,5	11,8	36,2	47,3
288	37,7	1,4	49,5	0,4	26,9	11	35,7	47,3
289	37,3	0,8	49,3	0,6	26,8	11	36,1	47,4
290	38,3	1,3	51	1,1	27,2	11	36,1	47,6
291	37,6	1,7	50,4	1,5	28,9	11,6	36,1	47,4
292	37,5	2,5	48,8	2,5	28,3	11,4	35,2	47,1
293	36,8	2,2	47,6	2	29,1	11,3	35,7	46,5
294	36,6	3,3	47,1	0,9	28,3	11,2	34,3	46,3
295	34,5	1,8	45,8	1,1	29,1	11,3	33,9	46,2
296	34,6	1,6	47,7	1,2	30,7	12	34,7	46,2



297	35,2	1,6	47,5	1,1	30,6	11,8	34,6	46,3
298	35,5	1,7	48,1	1,1	30,7	11,8	34,6	46,4
299	34,6	1,2	47,3	0,9	29,2	11,5	34,5	46,6
300	34,5	1,4	48,6	1,3	29,9	11,8	34,4	46,6
301	34,6	1,5	47	0,8	29,3	11,6	34,2	46,6
302	34,3	1,2	47,9	0,8	29,8	11,1	34,1	46,8
303	34,5	0,9	48,5	0,9	31,2	11,3	34,9	47,2
304	35,8	1,3	49,4	1,5	29,5	11,9	35,3	46,9

Ensayo 2, 15°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higró	T s Hgro
1	33,9	1,5	45,4	1,4	28,4	11,3	34,9	49,8
2	33,6	1,9	45,2	1,4	28,3	11,3	34,8	49,7
3	33,5	1,4	45,4	1,4	28,3	11,2	34,6	49,4
4	33,3	1,8	45,8	1,6	28,9	11,7	34,6	49,8
5	33,4	1,8	45,3	1	29,5	10,6	34,7	49,7
6	33,1	1,7	45,8	1,3	28	12,2	34,4	49,8
7	33,1	1,3	44,3	0,9	28,8	11,1	34,4	49,8
8	32,8	1,5	45,4	1,1	28,9	10,8	34,3	49,9
9	32,5	0,7	45,7	0,6	28,3	10,5	34,2	49,6
10	33,1	0,3	46,5	0,3	26	10,9	34,1	49,3
11	33,1	0,9	47,9	0,8	28,8	11,2	34,6	49,7
12	33,6	0,9	47,2	1,2	27	10,8	34,6	50
13	34	1,2	45	0	27,5	10,8	34,9	49,8
14	33,8	1,8	46,9	0,1	27,9	10,8	35,1	49,8
15	32,9	0	48	0	26,9	11,3	34,7	50,2
16	35,1	0	48,5	0	26,5	11,2	34,1	49,8
17	40,3	0	49,7	0,2	26,4	10,7	37,6	50,4
18	41,2	0,4	50,3	1,3	24,6	11,6	38,9	50,4
19	39,6	0,3	48,1	1,3	23,3	10,5	39,2	50,4
20	39,3	1,8	47,7	1,2	22,5	10,3	38,5	50,4
21	37,2	1,6	46,4	1,3	22,4	10,4	38	50,2
22	35,9	1,4	46,4	1,2	22,8	10,8	36,3	49,8
23	35,3	1,6	46,5	1,6	24,5	10,8	35,8	49,9
24	34,9	1,2	46,5	2,2	24,8	10,8	35,3	50,1
25	35,7	1,2	46,2	1,7	25,7	10,6	35,1	49,8
26	35,9	2	45,9	1,4	26,4	10,7	35,7	49,9
27	35,5	2	45,4	1,2	26,4	10	35,6	50,1
28	34,7	1,7	45,6	1,7	25,8	10,3	34,9	50
29	34,4	2,2	44,9	1	26,9	10,1	34,7	49,9



30	34,1	1,2	45,5	1,9	27,1	11,4	34,4	49,9
31	33,6	1,4	44,1	1,2	27	10,1	33,8	50,1
32	33,9	2	45,4	0,9	27,5	10,6	34,1	49,7
33	33,8	1,1	45,8	1	28,1	11,4	33,9	49,3
34	33,8	1,1	46,8	1	28,2	10,7	33,6	49,6
35	34,1	1,2	46,9	1,1	28,2	11,2	33,8	49,4
36	34,4	1,2	46,6	1,1	30,2	11,4	34,4	49,7
37	34,2	1,4	46,8	1,1	28,7	11,2	34,5	49,7
38	34,3	1,2	47	1,1	29,9	10,6	34,6	50,6
39	34,2	1,1	46,8	0,9	29,2	11	34,4	49,9
40	34,5	1	47,2	0,9	28,5	10,4	34,6	49,9
41	34,8	1,2	47,5	0,9	29,2	11,4	34,9	49,6
42	34,8	1,1	48	1,1	30,1	11,1	35	50,4
43	34,4	1,8	46,5	1,2	27,4	9,7	34,7	50,4
44	35	1,3	46,9	0,9	28,3	10,6	34,9	50,3
45	34,4	1,2	46,6	1,6	27,4	10,1	35,1	50,1
46	34,7	1,1	47,8	1,5	28,3	9,7	34,8	49,9
47	34,3	1,7	46	0,6	28,3	9,9	34,6	50
48	34,5	1,8	46,3	1	27,8	9,9	34,8	50,3
49	33,9	1,1	47,2	1	27,9	10	34,2	50,6
50	34,3	0,9	47,6	0,8	28,2	9,1	34,1	50,8
51	35	1	47,6	0,9	28,3	8,5	34,6	50,9
52	35,1	1	47,4	1,1	28,1	8,6	35,1	51,2
53	35,1	1	47,9	1	27,7	9,6	35,4	51,2
54	35,3	1,4	47,9	1,2	28,5	8,6	35,4	51,2
55	35,3	1,2	47,5	1,4	28	9,3	35,2	51,3
56	35	1,3	46,6	1,1	28,9	8,4	34,8	51,2
57	34	1,2	45,9	1,2	27,7	9,1	34,6	50,8
58	34,5	1,5	45,4	0,3	28,4	9,2	34,3	50,9
59	34,4	1,5	46,1	1,2	29,2	9,2	34,6	50
60	33,8	0,5	49,4	0,9	28,3	9,3	33,9	50,7
61	34,8	1	49	0,8	28,3	9	33,9	50,1
62	35,2	0,9	48,9	1,2	28,7	9,4	35	50,2
63	35,5	0,8	48,4	1,2	28,2	9	35,6	50,3
64	35,6	1,3	46,2	0,7	27,3	9,6	35,4	50,4
65	35	1,1	46,7	0,2	27,8	9,1	35,4	50,7
66	34,2	0,9	49,2	0,6	27,9	9,4	34,9	50,3
67	35,3	0,7	49,3	1,2	30,6	9,1	34,8	50,6
68	35,9	0,7	48	1,4	28,8	8,9	35,7	50,8
69	36,1	1,4	47,5	1,1	27	9,5	35,8	50,8
70	35,3	1,3	46,3	1,2	27	9,4	35,4	50,3
71	34,4	1,4	46,6	1	26,6	8,9	34,6	50,7
72	34,2	1,3	46,9	1,4	27	9,2	34,4	50,8
73	34,3	1,3	46	1,3	27,6	8,8	34,2	50,9



74	34	1,7	46	1,1	27,6	9,5	34,1	51,2
75	33,5	1,9	45,7	2,4	28,4	8,8	33,9	51,3
76	33,4	1,5	45,9	0,9	29,3	9,4	33,9	51,3
77	32,9	1,4	47	1,1	29	9	33,4	51,3
78	33,5	0,7	46,1	0,9	28,7	9,1	33,4	51,5
79	34,1	1,2	46,6	1,9	29	9,4	33,7	50,8
80	34,1	1,1	46,2	1,6	28,5	9,5	34,1	50,2
81	34,3	1,5	46,3	1,5	29,1	10,2	34,1	49,8
82	34	1,4	45,6	1	29,4	10,4	34,1	50,4
83	33,8	1,2	46,6	1,4	30,6	9,6	33,7	49,8
84	33,7	1,1	46,1	1,5	29,8	9,7	33,7	49,9
85	34,1	1,3	46,3	0,1	28,6	10,3	33,8	49,9
86	33,5	0,8	47,2	1,4	30,2	10,1	33,6	50,2
87	34	0,1	47,8	1,1	29,7	10,5	33,6	50
88	35,3	1,3	46,4	0,9	29,8	9,5	34,1	50,1
89	34,1	1,4	47,5	1,1	28,3	9	34,8	50,2
90	34	1,5	47,3	1,5	28,8	9,4	34	50,1
91	33,8	1,4	45,5	1,4	28,9	9,5	34,2	50,2
92	34,2	1,9	45,4	1,2	28,9	9,4	33,9	50,3
93	33,3	1,7	46,5	0,2	28	10,5	33,8	49,9
94	33,2	1,5	47,6	1,1	28,3	10,6	33,1	49,2
95	33,3	0,7	47,9	1,3	29,3	9,7	33,2	48,9
96	34	1,1	46,1	1,2	30,3	10,3	33,6	48,9
97	34,6	1,3	45,6	0,8	30	10,6	34,6	49,1
98	33,7	1,6	46,7	1,1	28,3	10,6	34,2	49,2
99	33,5	1,3	47	0,9	28,8	9,4	33,7	49,1
100	33,3	1	47,1	1,1	28,4	9,9	33,3	48,9
101	33,9	1,1	47,4	1	28,7	10	33,6	48,8
102	34	1,1	47	0,6	28,1	10,097	33,9	50,142
103	33,6	1	47,9	1	27,4		33,8	
104	33,6	0,6	46,9	1	27,7		33,6	
105	33,6	1,1	45,8	0,9	27,6		33,9	
106	33,4	1,3	45,4	0,9	27,4		33,7	
107	32,3	1,1	45,6	0,8	28		33,4	
108	32,2	1,3	45,8	0,8	28,6		32,9	
109	32	1,5	46,4	0,1	29,7		32,8	
110	31,7	1,4	47,8	1	29,4		32,6	
111	31,5	1,3	46,3	0	29,2		32,4	
112	31,9	1,2	48	0	29,3		32,3	
113	32,2	1,1	49,6	0	29,3		32,6	
114	32,1	1,3	50,2	0,1	29,3		32,4	
115	32,1	1,2	50,5	0,5	29,1		32,2	
116	31,9	1	50,2	0,7	29,3		31,9	
117	32,2	0,9	49,4	0,8	28,9		31,9	



118	32,5	1,1	48,6	0,8	28,6		32,6	
119	32,7	1,1	48,5	1	28,6		32,6	
120	32,2	1	47,8	0,8	28,8		32,5	
121	32,6	1	48,5	1	28,9		32,6	
122	32,9	1	47,7	1,1	29,3		32,9	
123	32,9	0,9	47	1	29,4		33,1	
124	33,9	1,2	47	1,1	30,5		33,3	
125	33,5	1,2	46,2	0,8	30,8		33,7	
126	33	1,2	46,8	0,9	30,4		33,3	
127	32,7	1	47,3	1	29,8		33,2	
128	33	0,9	47,7	0,9	29		33,1	
129	33,9	1,2	47,7	1,1	30,3		33,7	
130	33,1	1,1	46,1	0,9	28,2		33,6	
131	32,9	1,1	46,8	0,6	27,9		33,4	
132	32,9	1	47,8	0	28		33,3	
133	33,1	0,9	48,1	0,3	28,4		33,5	
134	33,6	1,3	49,6	1,1	28,8		33,7	
135	33,3	1,2	47,6	0,8	29,2		34,1	
136	33,2	1,2	48,8	1,1	28,1		33,4	
137	33,9	1,2	48,2	0,5	31,4		34,2	
138	34,1	1	49	1,1	29,2		34,2	
139	33,9	0,7	47,8	1,5	29,1		33,8	
140	34,4	1,5	45,5	0	28,6		34,1	
141	33,5	1,8	47,3	2,8	29,1		34,3	
142	32,6	0,2	48,5	0,5	28,9		33,5	
143	34,3	1	50,2	0,1	29,5		33,7	
144	34,9	0,4	51,5	1,4	29,3		35,1	
145	35,6	1,1	49,6	1,3	27,5		35,2	
146	35,9	1,3	49	1,9	26,8		35,8	
147	35,2	1,1	47,5	2,3	26,4		35,6	
148	35,4	2	46,5	1,8	27,9		35,4	
149	35	2,4	45,8	1	28		35,4	
150	34,6	1,7	48,2	1,5	28		34,6	
151	33,9	1,7	47,3	1,5	28,7		34,1	
152	33,8	2	45,8	0,6	27,9		33,7	
153	33,1	1,5	46,4	1,1	28,2		33,6	
154	32,7	0,8	46,1	1,1	28,4		33,2	
155	33,4	1,1	46,1	1,5	29,1		33,5	
156	33,3	1,2	46,2	1	29		33,9	
157	33,8	1,4	46,7	0,5	29,3		33,9	
158	33,8	1,3	48,3	1,3	29,5		34,1	
159	33,4	0,6	47,8	0	29,5		33,9	
160	34,1	0,9	49,8	1	27,9		34	
161	34,5	0,3	48,3	1,1	28,8		34,4	



162	35	1,1	48,5	0,9	29,2		34,8	
163	34,5	1,5	48,9	0,2	28,1		35,1	
164	34,8	1,1	49,8	1	26,6		34,9	
165	34,7	0,9	49	1,2	26,6		34,9	
166	35	0,9	47	1	25,5		35,2	
167	35	1,2	46,9	1,3	25,2		35,4	
168	34,5	1	49,1	0,7	25,4		35,1	
169	34,8	1	48,9	1,7	27,2		35	
170	35,4	1	46,6	1,8	26,3		35,4	
171	35,2	1,9	46	0,8	26,2		35,3	
172	34,7	1,5	46,4	1,1	25,8		35,2	
173	34,5	1,5	47,4	1,7	25,8		34,7	
174	34,3	1,5	46,6	0,8	26,4		34,4	
175	34,8	1,9	47	1,4	27,1		34,2	
176	34,4	1,5	45,8	1,3	27,4		34,6	
177	33,7	1,8	46,1	1,3	26,2		33,9	
178	33,4	1,4	46,3	1,6	26,4		34,1	
179	33,4	1,3	46,3	1,7	27,2		33,4	
180	33,8	1,9	46,1	1,2	27,7		33,8	
181	33,7	1,5	47,5	1,1	27,8		34,1	
182	33,8	1	48	1,1	27,1		33,8	
183	34,2	0,6	47	0,8	27,2		34,1	
184	34,5	1,2	47,6	0,7	26,2		34,3	
185	34,3	0,8	48,8	0,5	26		34,6	
186	34,9	1,1	49,9	0,8	26,4		34,6	
187	35,2	1	49,7	1,1	26,1		35,2	
188	34,8	0,8	47,6	0	25		35,1	
189	35,4	1,2	49	0,1	25,2		35,4	
190	35,1	0,2	50,4	0,9	26		35,4	
191	35,6	0,7	50	0,7	24,5		35,4	
192	35,6	1	49,9	1	22,7		35,6	
193	35,9	0,9	49,2	1	23,3		35,8	
194	35,6	1,2	48,1	1	23,5		36,1	
195	35	1	48,2	1	24,2		36,1	
196	35,1	1	48	1	24		35,3	
197	35,7	1,3	48,4	1,1	25,4		35,8	
198	34,9	1	47,9	1,1	23,2		35,6	
199	34,8	1,1	47,8	0,6	22,9		35,4	
200	34,9	1,2	48,9	0,1	24,1		35,4	
201	34,5	0,7	50,2	0,6	23,3		35,6	
202	35,3	0,5	50,6	0,8	23		35,2	
203	35,9	0,9	49,5	0,8	24		35,7	
204	35,8	0,7	49,5	0,8	23,5		36	
205	35,9	0,9	50,1	0,7	23,4		36,2	



206	36,4	0,8	50,8	1,3	24,3		36,3	
207	36,6	1	49	1,3	24,7		36,6	
208	36,5	1,3	48,2	1	24,8		36,7	
209	35,7	1,3	49,4	1,3	24,9		36,6	
210	35,8	1,4	48,6	1,2	24,5		35,8	
211	35,4	1,4	48,5	1,3	23,5		35,6	
212	35,5	1,6	47	0,9	24		35,4	
213	34,5	0,5	48,5	1,1	24,5		35,2	
214	35	1	48,4	1	25,7		34,6	
215	35,5	1,5	47,4	0,9	26,1		35,3	
216	34,5	1,1	48,8	0,9	25,4		35,1	
217	34,6	1,1	47,7	1,2	25,2		34,7	
218	34,2	1,1	46,6	0,7	24,8		34,7	
219	34,1	0,5	48,3	0,9	24,6		34,2	
220	33,5	0,8	48,4	1,1	26,6		34,6	
221	34	1,3	46,5	0,8	25,8		34,6	
222	33,9	1,3	47,5	1,6	24,4		34,9	
223	33,4	0,8	47,5	1,1	25,5		34,3	
224	34,7	1,8	47,3	1,4	26,2		34,4	
225	34,7	1,3	47,8	2,1	26,4		35,2	
226	34,5	2,1	45,6	1,6	24,9		34,4	
227	34,6	2,1	46,1	2,1	26,4		34,6	
228	33,9	1,9	45,3	1,3	26,4		34,5	
229	33,4	2,4	45,5	0,9	26,3		33,6	
230	33,2	1,3	47,1	1	27,1		33,3	
231	33,2	1,1	48,2	0,9	26,7		33,2	
232	33,7	1,2	48,7	1,3	26,6		33,7	
233	34,2	1	47,8	1,2	26,4		34,3	
234	34,7	1,4	46,7	1,4	26,2		34,8	
235	34	0,9	47,1	2,3	25,7		34,5	
236	34,1	1,3	45,3	1,5	24,4		34	
237	34,2	1,6	45,7	1,3	24,2		34,3	
238	34,2	1,5	46,3	1,4	25,5		34,4	
239	34	1,4	46,3	1,6	24,9		34,1	
240	34,1	1,2	46	0,9	25,5		34,2	
241	34,3	1,3	46,8	1	25,7		34,1	
242	34,2	0,9	47,6	1,3	26,4		34,5	
243	34,4	0,8	46,9	1,2	25,5		34,3	
244	34,7	1,7	45	1	24,6		34,8	
245	33,7	1,3	45	1	23,9		34,8	
246	33,2	1	47,4	1,3	24,6		34,1	
247	33,6	0,9	46,9	1,2	24,7		33,9	
248	34,2	1,2	46,4	0,9	26,5		34,3	
249	34,5	1,4	47,5	1,1	25,8		34,8	



250	33,8	1,3	47,6	0,9	24,9		34,4	
251	34,1	1,1	48,3	0,7	26,4		34,3	
252	34,2	0,8	48,7	0,9	25,2		34,3	
253	34,6	0,8	48,7	1,1	24,7		34,5	
254	35	0,9	47,1	1,2	25,4		35,1	
255	34,8	1,4	46,4	1,3	26		35,1	
256	34,2	1,1	46,9	1,4	25,3		35,2	
257	34,3	1,5	47,2	1	24,7		34,6	
258	34,5	1,1	47,6	0,9	25,9		34,6	
259	34,8	1,1	48,3	1,4	25,6		34,6	
260	35	1	47,5	1	24,7		34,9	
261	35,4	1,3	47,4	0,8	24,5		35,3	
262	35	1	48,7	1,3	24,9		35,2	
263	35,2	0,8	48,2	1	25		34,9	
264	35,3	1	48,5	1	24,9		35,3	
265	35,6	0,9	48,9	0,4	24,8		35,6	
266	35,5	0,2	47,9	1	24,1		35,5	
267	35,5	0,2	48,8	1	24		35,4	
268	35,8	1	48,6	0,7	24,4		35,4	
269	35,4	1,1	49,5	1,4	23,9		35,7	
270	35,2	0,9	48,2	1,8	24,8		35,2	
271	35,8	1,2	47,1	1,6	25,1		35,6	
272	35,8	1,8	46,6	1,5	24,9		35,8	
273	35,3	1,6	46,6	1,1	24,7		35,6	
274	34,9	0,8	47,5	1,6	24,5		34,6	
275	34,6	1,2	47	0,8	26		34,4	
276	35	1,2	48,6	0,8	25,4		34,7	
277	35,3	0,9	48,9	0,9	25,7		35,1	
278	35,6	1	48,5	0,8	25,4		35,4	
279	35,5	0,9	48,2	0,9	24,4		35,5	
280	35,6	0,9	48,5	0,9	24,2		35,4	
281	35,8	0,9	48,4	1,1	24,8		35,6	
282	35,9	1,2	47,2	1	25,1		35,9	
283	35	1,1	47,4	0,8	23,9		35,4	
284	35,1	0,9	49,1	0,2	24,5		35,4	
285	35,6	0,9	49,1	0	24,7		35,7	
286	35,5	0,5	50,9	0,7	24		35,9	
287	35,7	0,4	50,5	1	23,2		35,7	
288	36,6	0,9	50,1	1,2	23,9		36,2	
289	36,5	1,1	49,9	0,9	23,5		36,6	
290	36,6	1	49,1	0,8	23,5		36,6	
291	36,7	1	48,9	0,9	24,3		36,7	
292	36,4	0,8	49,6	0,6	23,2		36,4	
293	36,4	1,1	50,1	1	23,3		36,2	



294	35,9	0,6	50	1,1	23,5		36,4	
295	36,2	1,1	49,6	1	23,4		36	
296	36,5	0,9	49,8	1,2	24,4		36,3	
297	36,6	1,2	49,9	0,8	23,6		36,3	
298	36,5	1,7	50,1	1	24,5		36,1	
299	36	1,1	49	1,1	24		36,1	
300	35,8	0,9	48,2	1	24		35,6	
301	36,1	1,1	48,6	1,3	24,8		35,9	
302	35,4	1,1	47,9	1,2	24,1		35,7	
303	35,5	1,5	47,8	0,9	24,4		35,6	
304	35,3	1,3	49,1	0,5	25,5		35,2	
305	35,3	1	50,6	0,7	25,5		34,8	
306	35,7	0,8	50,1	0,7	25,2		35,3	
307	35,9	0,7	50,1	0,9	24,8		35,7	
308	36,1	0,9	49,4	1,2	24,7		36,1	
309	36,2	1	47,7	0,9	24,1		35,9	
310	36,1	1,4	49,3	1,4	24,4		35,9	
311	35,3	1,4	48,3	1,7	24,7		35,6	
312	35,3	2	47,4	2,5	24,9		35,1	
313	35	3,3	45	1,6	26,4		35	
314	34	3,3	45,7	1,7	26,4		34,6	
315	33,2	1,4	46,3	1,3	25,8		33,4	
316	33,6	1,5	46,1	1,3	26,7		33,1	
317	33,6	1,1	46,5	1,4	27,4		33,6	
318	33,9	0,9	47,4	0,7	28,3		33,6	
319	33,8	1,3	48,3	1,2	27,7		33,8	
320	33,9	0,8	48,6	1,2	27		33,9	
321	34,8	1,2	46,9	1,4	28,3		34,4	
322	34,9	1,5	46,9	1,5	27,3		35,1	
323	34,4	1,3	46,6	1,6	26,9		34,7	
324	34,7	1,5	45,8	1,5	27,3		34,4	
325	34,6	1,6	45,8	2,2	28,4		34,6	
326	34,6	1	45,3	1,6	28,3		34,6	
327	34,7	2	45,2	1,4	25,5		34,3	
328	34,3	1,2	45	1,5	25,7		34,5	
329	34	1,1	46,5	1,4	26,2		34	
330	34,2	1,3	45,6	1,2	26,4		34,1	
331	34,5	1,5	45,8	0,3	26,3		34,7	
332	33,6	1,2	44,9	0,8	26,4		34,1	
333	33,7	1,1	46,4	0,8	27,4		33,7	
334	33,6	1	46,2	0,9	27,6		33,7	
335	34,1	1,1	47	0,8	28,1		34,4	
336	34,2	1,1	48,2	1	26,1		34,4	
337	34,4	0,8	46,7	0,6	27,2		34,5	



338	34,9	1	47,4	0,9	26,5		34,8	
339	34,5	0,8	47,1	1,1	26,2		35,1	
340	34,8	1,1	46,7	2	25,4		34,6	
341	34,7	1,3	45,8	1,2	25,9		35	
342	35	0,8	46,6	1,1	26,2		34,8	
343	35,3	1,3	47	1,1	26,4		35,3	
344	35,2	1,6	46,9	1	26,3		35	
345	34,9	0,9	47,3	1	25,6		34,4	
346	35,2	1,2	47,6	0,9	25,5		34,9	
347	35	1,2	47,1	0,9	25,2		35	
348	35,2	1,1	47,5	1	24,8		34,9	
349	35,5	1,2	46,2	1,1	25,5		35,3	
350	35,2	1	45,9	1	24,1		35,3	
351	34,1	1,4	46,1	1	23,5		34,3	
352	33,6	1,3	46,8	0,9	24,5		33,9	
353	33,6	1	45,6	1,1	25,9		33,6	
354	33,7	1,3	45,3	1	25,7		34,1	
355	32,9	1,3	45,4	1,1	25,6		33,6	
356	32,9	1,3	44,9	0,4	25,5		33,5	
357	32,8	1,3	46,7	0,7	25,8		33,4	
358	33	1,1	46,9	0,7	26,2		33,6	
359	33,5	1,1	47	0	25,6		33,5	
360	33,3	1	48,5	0,5	25,3		33,6	
361	34	1,3	48,8	0,6	25,4		33,8	
362	33,6	1,1	48	0	26,3		34,1	
363	33,4	1	47,7	0,8	24,6		33,7	
364	34,5	1,1	48,3	1	25,5		33,8	
365	34,2	1	47,4	1	26		34	
366	34,6	0,9	47,1	1,1	26,7		34,4	
367	34,9	0,9	46,3	0,9	26,4		34,6	
368	35,4	1,2	46,8	1,2	26,4		35	
369	34,6	1,3	45,6	0,9	25,6		34,9	
370	34	1,7	46,5	0,5	24,3		34,3	
371	33,3	1,3	47,3	1,1	26,6		34,1	
372	33,1	1,1	46,4	1	23,9		33,8	
373	33,1	1	45,8	1,1	24,3		33,7	
374	33,7	1,1	45	1	25		33,8	
375	33,4	1,3	45,2	0,9	25,2		33,8	
376	33,2	1,2	45,5	1,2	25,5		33,7	
377	33,4	1	46	1,5	27		33,6	
378	33,5	1,4	44,3	0,5	26,4		33,4	
379	33,3	1,8	45,8	0,3	25,8		33,4	
380	32,5	0	47	0	25,9		33,1	
381	33,1	1	48,3	0,2	26,5		33,1	



382	34	0,5	49	0,8	25,9		33,8	
383	34,7	1	48,3	0	25,7		34	
384	34,8	1,3	47,3	0	25,6		34,3	
385	34,7	1,2	49	0	24,7		34,2	
386	34,2	1,3	50	0,9	25,4		34,2	
387	33,7	1,2	48,4	1,1	24,5		33,9	
388	33,9	1,3	46,8	0,7	24,6		33,6	
389	33,4	1,3	47,7	1,3	24,5		33,6	
390	33,2	1	46,5	1,3	26		33,6	
391	33,8	1,5	46,3	1,2	25,9		33,7	
392	33,4	1,8	46,2	1,7	26,1		33,6	
393	33,1	1,3	45,7	1,2	25,9		33,3	
394	33,3	2,1	45,9	1,3	26,1		33,1	
395	33	1,5	47,1	1,6	26,4		32,9	
396	33	1,2	46,2	3	26,3		32,7	
397	33,3	1,9	44,8	1,8	26,9		33,3	

Ensayo 3, 15°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higo	T s Hgro
1	34,4	0,8	43,8	0,6	18,2	6,3	36,2	46,9
2	34,5	1,4	44,2	0,9	18,7	6,4	36,1	46,9
3	34,8	1	43,6	1	19,4	5,9	36,5	46,9
4	34,6	1,2	43,8	1,2	18,7	6,5	36,1	46,8
5	34,5	1,2	43,4	1,1	19,8	6,7	35,6	46,9
6	34,3	1,1	43	0,8	19,9	6,5	35,2	47
7	33,9	0,9	43,8	0,8	19,8	6,3	35	46,5
8	33,9	1,2	43,5	0,8	19,7	6,4	34,8	46,8
9	33,6	0,9	43,8	1	20,6	7,2	34,5	46,3
10	33,8	1,2	43,3	1	21,5	7,5	34,7	46,4
11	33,8	0,3	43,3	1	20,8	8,1	34,7	46,4
12	34	0,7	43,1	0,8	21,3	7,6	35	46,3
13	34,4	0,8	44	1	21,2	7,8	35,5	46,3
14	34,3	0,7	43,8	1,1	20,2	8	35,2	46,2
15	34,4	1	43,2	0,6	20,7	8,4	35,1	46
16	34,3	1	44,2	1	20,5	8,2	35,4	45,9
17	34,1	0,9	43,4	0,7	20,2	8,8	34,8	46,1
18	33,7	0,6	43,6	0,9	20,5	9	34,6	46,1
19	34,2	1	43,8	1	21,6	8,8	35,3	46,1



20	33,8	1,7	42,9	0,4	19,6	8,7	34,7	45,9
21	34	1,2	43,9	1,1	20,2	8,4	34,8	45,9
22	32,6	1,1	43,4	0,9	20,3	8,7	34,1	45,4
23	33,1	1,5	42,3	1,2	21	8,5	34,7	45,6
24	32,4	0,9	42	1,2	20,5	8,9	33,9	45,6
25	32,8	1,1	41,3	0,8	20,9	8,8	33,8	45,4
26	32,8	1,1	43	1,2	21,2	8,7	34,2	45,4
27	32,8	0,3	41,5	0,5	20,9	8,5	34,1	45,8
28	33,2	1	42,5	0,6	20,6	9,1	34,4	46
29	33,2	1,2	43,3	1	20,7	9	34,6	45,8
30	32,8	1,5	42,4	0,8	21,3	8,7	34,1	45,8
31	33,1	1,4	42,9	1,2	21,9	8,5	34,5	45,9
32	32,8	0,6	42	1,3	21,2	8,2	33,9	46,1
33	32,7	0,8	40,9	1,2	22,8	8,5	33,7	45,8
34	32,9	1,1	41,7	1,2	22,5	8,1	33,7	45,8
35	32,7	0,9	41,5	1	22,8	8,7	33,4	45,7
36	32,9	1,4	41,7	0,7	22,5	8,4	33,7	45,9
37	32,3	1,2	42,2	1	22,3	8	34,1	45,8
38	32,3	1,1	41,6	1,2	22,5	8	34	46
39	32,2	0,8	41	0,8	23	7,8	33,8	45,8
40	32,7	1,2	41,7	0,6	22,7	8,2	34,5	45,7
41	32,8	1	42,8	0,8	21,7	8,5	34,6	45,2
42	32,5	0,8	42,3	1	22,2	8,6	34,1	45,2
43	32,5	0,9	41,4	0,5	22	8,8	33,9	45
44	32,8	0,9	42,9	0	21,5	9	34,4	45,2
45	32,8	1	43,2	0,2	21,2	8,7	34,6	45
46	33	1	43,8	0,7	21	8,8	34,5	45,1
47	32,6	1,2	43	0,9	21,2	8,7	34,1	44,9
48	32,5	0,5	42,4	0,1	22,2	9	33,6	45,2
49	32,9	1,1	42,9	1	22,3	8,6	34	45,2
50	33	0,6	42,8	1,6	23,1	8,9	33,9	45,1
51	33,4	1,5	41,6	1,5	23,6	8,9	34,2	45,4
52	33,1	1,1	42,2	1,2	22,5	8,7	33,6	45,2
53	32,6	1,2	42	1	23,1	8,7	33,5	45,2
54	33,2	0,8	41,7	1,6	23,7	9,1	33,9	44,9
55	33,2	1,6	42	1,7	23,5	8,4	33,9	44,8
56	32,7	0,7	42,4	0	22,9	9	33,8	45
57	32,8	0,1	41,5	0,4	22,5	8,4	33,8	44,9
58	33,2	2,1	42,8	0,9	22,7	8,5	34,6	45,2
59	33,1	1,1	44,1	1,8	22,8	7,7	34,1	45,2
60	32,2	0,3	41,4	0,5	22,6	8	33,2	44,8
61	33,1	1,5	41,5	1,5	22,5	7,6	34,2	44,4
62	32,4	1,6	41,8	1	22,4	8	33,9	44,7
63	32,1	0,7	41,8	1,1	22,3	8,3	33,9	44,9



64	32,4	1,1	41	0,8	23,4	8,3	33,9	44,8
65	32,9	0,1	42,3	1,1	22,9	8,5	33,9	44,6
66	32,6	1	41,8	0	22,7	8,5	33,8	44,3
67	32,7	0,8	42,2	0,8	23	8,4	33,8	44,4
68	32,9	1,5	42,4	1,2	23,6	8,7	33,8	44,5
69	32,6	0,8	41,6	1,3	23,9	8,4	33,3	44,2
70	32,8	0,9	41,6	1,1	24,2	8,6	33,4	44,2
71	32,3	1,1	41,2	1,1	23,6	9,3	33,4	44
72	32,1	0,3	40,6	0,7	23,5	9,4	33,1	43,9
73	32,7	1	41,2	0,2	23,6	9,6	33,6	43,9
74	33,1	1,8	43,1	1	23,8	9,6	34,3	44,1
75	32,2	0	43,3	1,1	22,8	9,3	33,6	44,2
76	32,2	1,2	41,3	1	22,3	10,1	33,6	44,3
77	31,5	0	42,8	0	22,4	9,5	33,5	44,3
78	32,6	1	42,8	0,1	22,6	9,9	34,4	44,1
79	32,6	1	43,9	0,9	22,3	9,6	34,4	44,4
80	31,9	1	41,9	0,8	22,5	9,7	33,7	44,2
81	32,2	1,4	41,7	1,2	23,3	9,9	33,6	44,1
82	32,2	1,5	41,1	1,4	23,9	9,7	33,2	43,9
83	32,2	1,8	40,8	1,4	23,8	10,1	32,8	43,8
84	31,3	0	40,6	0,2	24,1	9,7	32,8	44,1
85	33,7	0,9	41,1	0,1	23,5	8,46	34,1	45,33
86	33,3	1,1	42,5	1,2	22,8		34,1	
87	32,2	0,8	41,2	0,9	22,9		33,2	
88	31,9	1,2	41,2	0,4	23,2		32,9	
89	32,1	0,8	42,5	1	23,3		33	
90	32,3	0,8	41,8	0,9	23,5		33,4	
91	32,8	0,7	42,2	0,8	23,5		33,7	
92	32,9	0,8	42,2	1	23,6		33,6	
93	32,7	1,1	41,7	1	23,9		33,4	
94	32,4	0,8	41,5	0,9	23,6		33,4	
95	32,5	1,2	41,7	1,2	23,6		33,3	
96	32,5	1,2	41,4	1,2	24,4		33,2	
97	32,4	0,5	40,4	0,9	24,7		33,2	
98	32,8	1	41,4	0,4	23,6		33,9	
99	32,7	0,9	42,5	1,3	23		33,8	
100	32,8	0,9	41,4	1,9	23,6		33,7	
101	33	0,4	40,7	1,1	23,6		33,6	
102	33,3	0,9	41,1	0,8	24,2		34,3	
103	33,2	0,6	41,5	0,5	22,7		34,1	
104	33,1	0	42,1	0	22,5		34,2	
105	34,3	0,4	42,8	0	22,3		35,3	
106	34,5	0,8	43,3	0,3	21,1		35,8	
107	34,1	0,6	43,7	0,5	21,8		35,7	



108	34,2	0,7	43,6	0,4	21,5		36	
109	34,2	0,8	43,4	0,9	21		35,7	
110	34,3	1	42,3	0,8	21,3		35,3	
111	33,8	0,7	42,8	1	21,7		34,9	
112	33,7	1,7	42,2	1,1	22,5		34,7	
113	33,9	0,1	42,6	0	22,1		34,3	
114	34,7	1,1	42,5	0,7	22,6		36,3	
115	34,1	1,2	43,3	1	21,2		35,8	
116	33,9	1,1	42,4	1,2	21,4		34,9	
117	33,9	1,2	41,7	1,1	22,5		34,9	
118	33,7	0	41,9	0,9	23,2		34,6	
119	34	1	42,3	0,7	22		35,1	
120	33,4	0,5	43,3	0,8	22		34,6	
121	33,9	0,8	43	0,2	22,6		35,2	
122	34,2	1,2	44	0,8	21,6		35,7	
123	33,5	0,7	43,8	0,5	20,9		35,1	
124	33,8	1,1	42,9	0,9	20,9		35,2	
125	33,1	0,5	42,3	1	22,2		34,7	
126	33,8	1,2	42,2	0,5	22,9		35,1	
127	33,8	1,3	43,5	1,1	22		35,3	
128	33,3	0,9	42,6	1,1	22		34,3	
129	33,2	0,9	41,8	0,8	21,8		34,2	
130	33,4	1,1	42,4	1	22		34,2	
131	33,4	0,3	42,6	1,2	22,5		34,5	
132	33,7	1,1	42	0,8	21,7		34,6	
133	33,2	1,2	42,7	0,9	23,1		34,1	
134	33,1	1,1	41,9	1,3	22,7		33,8	
135	32,9	1	41,2	1,2	23,2		34	
136	33,4	1	41,8	1	23		34,2	
137	32,7	0,9	41,7	0,6	22,3		34	
138	33,1	0,9	42,3	0,8	22,6		34,1	
139	33	1,1	42,2	0,9	22,1		34,2	
140	32,8	0	41,7	0,7	21,5		34,4	
141	32,4	0,3	41,6	0,1	22		34,3	
142	33,3	1,1	42,8	1,1	22,4		34,9	
143	33,3	0,9	42,8	1,1	21,8		34,1	
144	32,8	1,1	41,4	0,9	21,8		33,9	
145	32,2	1	42,1	0,8	23,2		34	
146	32,2	0,7	41,2	0,6	22,4		33,9	
147	32,4	0,8	41,8	0,6	21,9		34,1	
148	32,5	1,4	42,4	0,7	22		34,2	
149	32,3	1	42,1	0,5	21,8		34,6	
150	32,3	0,8	42,2	0,8	21,1		34,6	
151	32,2	0,9	41,5	0,6	21,1		34,6	



152	32,1	0,8	41,9	0,6	21,4		34,1	
153	32,5	0,7	41,9	0,9	23,1		34,3	
154	32,5	1,3	41,2	0,9	21,8		34,2	
155	31,9	0,9	40,6	1	22,1		33,8	
156	32	1,2	40,1	0,8	22,5		33,9	
157	31,8	1,4	40,7	1	22,3		33,7	
158	31,6	1	40,2	0,7	22,7		33,2	
159	31,9	2	41	1,5	22,5		33,3	
160	31,4	0,4	39,8	1,1	22,9		32,9	
161	32,4	0,7	38,7	0,3	22,9		33,6	
162	32,5	0	41,4	0	22,4		34,2	
163	33	1,1	41,4	0,1	22,1		34,4	
164	32,6	0,5	42,2	0,4	22		34,2	
165	32,9	1,5	41,3	1,3	22,7		33,9	
166	32,3	1	41,3	1,1	22,4		33,4	
167	32,1	1,3	40,1	1	22,9		33,1	
168	32	1	40,5	0,9	24,2		33,1	
169	32,2	1	40,6	0,5	24,4		33,5	
170	32,6	1	41,4	0,9	23,5		33,9	
171	32,7	0,9	41,1	1,2	22,8		33,8	
172	32,8	1	40,8	0,9	23,8		33,8	
173	32,7	0,9	41,1	1	23,5		33,8	
174	32,8	1,2	41,1	1	23,3		33,7	
175	32,4	1,1	40,7	0,9	23,5		33,3	
176	32,4	0,2	40,9	1	23,1		33,2	
177	32,4	1,2	40,6	0,7	23,3		33,6	
178	32,3	1	41,5	1,1	23,4		33,6	
179	32,6	1,1	41,1	1	23,1		33,7	
180	32,5	1	41	0,9	23,3		33,7	
181	32,2	1,1	40,6	0,9	22,8		33,5	
182	32,1	1,9	41	1,3	23,3		33,2	
183	32	1,6	40,5	1,3	23,3		33,1	
184	31,7	0,9	39,9	1,5	23,6		32,7	
185	32	1,2	39,8	1,3	24,1		33,1	
186	32,4	0,6	40,3	1,1	23,6		33,6	
187	32,5	0,7	40,5	0,4	24		33,7	
188	32,9	0,2	42,1	0	23,5		34,4	
189	33,3	0,2	42,1	0,6	22,9		35,1	
190	33,5	1	42,5	0,8	21,7		35	
191	33,3	0,8	42,1	0,9	21,2		34,4	
192	32,7	0,7	41,4	0,6	21,6		34,1	
193	32,9	0,8	41,8	0,9	22,7		34,3	
194	33,2	0,8	41,9	1,1	22,3		34,2	
195	33,1	0,8	41,6	0,8	23		34,2	



196	33,2	0,9	41,7	1,3	22,7		34,1	
197	33,2	1	40,7	0,8	23		34,1	
198	32,3	1,1	41,4	0,6	22,6		34,1	
199	32,2	0,8	41,5	0,7	22,9		34,2	
200	32,3	0,8	41,2	0,8	22,8		34,2	
201	32,2	0,6	41,2	0,8	21,9		34,1	
202	32,8	0,7	41,2	0,5	22,2		34,6	
203	33	0,7	41,8	0,6	22,1		35,1	
204	33,2	1,1	41,9	0,7	21,8		35,3	
205	32,9	0,7	41,7	0,8	22,3		34,8	
206	33	0,9	41,4	1	21		34,3	
207	32,7	1,1	41	0,9	21,7		33,9	
208	32,9	0,6	41,1	0,9	22,1		34,3	
209	33,1	1,4	41,2	0,5	21,6		34,7	
210	32,5	1,1	42,3	1,3	22,6		33,9	
211	32,5	1,1	41	1	22,5		33,5	
212	32,4	0,9	40,8	0,9	23,5		33,5	
213	32,2	2,1	40,8	0,9	22,8		33,6	
214	31,4	1,2	41,1	1,1	22,7		33,2	
215	31,5	1,2	39,8	1,1	22,5		33,3	
216	31,8	0,9	40	1	22,6		33,1	
217	31,9	0,6	40,2	0,6	22,8		33,3	
218	32,4	1	41	0,7	23,3		34,1	
219	32,6	1,3	41,4	1,2	23,5		34,6	
220	32,4	1,3	40,5	1,2	23,1		34,3	
221	32	1,5	39,7	1,1	22,7		33,8	
222	31,5	1,3	39,8	0,9	22		33,3	
223	31,5	1,1	39	0,7	21,9		33,6	
224	31,9	0,5	40,3	0,5	22,1		33,8	
225	32	0,1	40,3	0	21,6		33,9	
226	32,6	0,7	41,8	0	21,5		34,4	
227	32,7	1	42,3	0	21,1		34,5	
228	32,2	1,2	42,8	0,4	21		34,4	
229	32	0,8	42,7	0,5	21,2		34,6	
230	32,3	0,8	42,4	0,2	20,9		34,9	
231	32,2	0,8	43	0,4	20,8		34,8	
232	32,1	0,7	42,8	0	20,7		34,6	
233	32,5	1,1	43,3	0,7	21,1		34,8	
234	32	1,1	43	1	22,2		34,5	
235	32,4	1,4	42,4	1,2	21,9		34,1	
236	32,1	1,1	41,4	1	21,5		33,6	
237	32	1,5	41,5	1,1	21,9		33,4	
238	31,6	1,4	41,2	1,4	22,2		33	
239	31,5	1,3	40,3	1,2	22,2		32,9	



240	31,2	0,9	39,9	1	22,1		32,9	
241	31,3	0,9	39,2	0,6	22,4		33,4	
242	31,4	0,8	40,5	0,6	22,3		33,7	
243	31,9	0,8	40,8	0,8	22,5		34,2	
244	31,8	0,9	40,7	0,7	21,7		33,9	
245	31,6	0,9	41,2	0,9	22,5		33,6	
246	31,7	1	40,7	0,9	21,8		33,3	
247	31,6	0,3	40,6	0,7	22,5		33,4	
248	32	0	40,5	0,1	22,8		34,1	
249	33,7	0,5	42	0	21,6		35,7	
250	33,5	0,8	42,6	0,7	20,6		35,6	
251	33,1	1	42,5	0,8	20,6		34,6	
252	32,1	0,9	41,5	0,9	21,1		34,1	
253	32,1	0,9	40,4	0,7	21		33,9	
254	32,2	0,8	40,8	0,7	20,8		33,9	
255	32,4	1,6	40,7	1	22,2		34,3	
256	32,2	1,7	40,6	1,3	21,6		33,6	
257	31,8	1	40,1	1,1	22		32,9	
258	31,6	1,2	39,8	0,9	22,5		33,1	
259	31,3	1,1	39,6	0,8	23		33,1	
260	31,6	2	39,8	1,1	22,7		33,1	
261	31,6	0,9	39,5	1,2	22,6		32,8	
262	31,6	0,6	39,6	0,6	22,8		32,9	
263	32	1,1	40,5	0,9	23,2		33,3	
264	31,5	1,6	40,3	1,1	22,7		33,1	
265	31,1	2	39,2	0,8	22,6		32,8	
266	30,8	1,7	39,9	1,7	22,6		32,5	
267	30,5	0,3	37,6	0,2	23		32,6	
268	32,3	1	39,7	0	23,4		33,4	
269	31,8	0,7	41,3	0,1	22,7		33,7	
270	31,9	1	41,8	0,5	22,4		33,9	
271	31,9	1,2	41,2	1	22,3		33,9	
272	31,4	1,4	40,1	1	22,1		33,5	
273	31	1	39,4	1	22,7		33,2	
274	31	0,8	38,5	0,9	22,7		33,1	
275	31,4	0,7	38,9	0,5	22,8		33,6	
276	31,6	0,5	40,3	0,7	22,6		33,6	
277	31,8	0,9	40,5	0,7	22,2		33,7	
278	31,9	1,3	40,5	1,1	23,3		33,6	
279	31,8	1	40,2	1	23,8		33	
280	31,8	1,1	39,9	1,1	24,5		32,9	
281	31,7	1,2	39,9	1,1	24,1		32,9	
282	31,3	0,9	39,5	1,7	24,7		32,8	
283	31,4	0,9	39	1	24,9		32,6	



284	31,5	1,1	39,7	1,4	25,3		32,6	
285	31,6	1,1	38,8	0,8	24,8		32,8	
286	31,5	1,1	40,1	1,1	24,5		32,6	
287	31,1	1,1	39,6	1,1	24,8		32,4	
288	30,9	0,9	38,4	1	25,8		32,3	
289	31	0,8	39,5	0,7	26,2		32,4	
290	31,3	0,7	39,5	0,4	25,8		33,2	
291	31,7	0,5	40,3	0,6	24,6		33,7	
292	31,8	0,4	40,3	0,3	24,3		34	
293	32,4	0,8	40,7	0,4	23,8		34,2	
294	32,5	1	40,9	0,6	23,8		34,2	
295	31,6	1	40,8	0,7	23,5		33,9	
296	31,4	1	40	0,6	23		33,8	
297	31,2	1	40,3	0,7	23,1		33,8	
298	31,2	0,4	40,3	0,5	23,7		33,7	
299	31,7	0	40,3	0,3	24,5		34,1	
300	32,3	0,4	41	0	24		34,8	
301	32,5	1,3	41,7	0,4	23,3		35,1	
302	32	1,5	42	0,9	23,5		34,9	
303	31,4	0,2	40,6	0,5	22,6		34,2	
304	31,8	0,5	40,8	0,1	22,5		34,8	
305	32,4	1,1	41,9	0,9	22,4		34,8	
306	32,1	1	40,8	0,8	22,6		34,6	
307	31,6	1,1	40,6	1	22,8		34,2	
308	31,6	1	39,8	0,8	23,5		33,8	
309	31,7	0	39,9	0,6	23,3		34,2	
310	32,5	0,3	40,4	0,2	23,1		34,7	
311	32,6	0,2	41,7	0	22,7		34,7	
312	32,9	0,9	42,4	0,2	22,5		35,3	
313	32,6	1,5	42,8	0,6	22,3		35,4	
314	32,5	1,2	41,9	1,2	22,5		34,8	
315	32,1	1	40,7	0,7	22,5		34,1	
316	32,1	1,6	41,6	1,2	23,1		34,2	
317	31,3	0,4	40,5	1,1	23,3		33,4	
318	31,7	1,1	38,6	0,6	23,7		33,6	
319	31,7	1,4	40,2	1	24,1		33,4	
320	31,1	0,9	39,2	0,3	24,1		33,5	
321	31,3	0,9	40	0,6	24		33,6	
322	31,3	0,9	40,7	0,7	23,7		33,6	
323	31,1	1,2	40,4	0,8	23,6		33,6	
324	31	0,9	40	0,9	24,4		33,1	
325	31,2	1	39,7	0,7	25,1		33,1	
326	31,5	1	40,4	0,7	24,5		33,2	
327	31,6	1	40,6	1	24,7		33,1	



328	31,5	1	40,3	0,9	25,3		33,1	
329	31,3	1,2	40,3	0,9	25		32,9	
330	31	0,7	39,6	0,8	24,7		32,9	
331	31,3	0,9	39,6	0,7	24,9		33	
332	31,1	0	40,3	0,7	24,5		33,1	
333	31,4	0,4	39,8	0,4	25,3		33,6	
334	32	0,7	41	0,7	25,1		33,9	
335	32,1	0,9	40,8	0,8	24,4		34,1	

Ensayo 1, 20°

Dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e higro	T s Hgro	Dato	T e HC
1	31,8	1,1	47,8	0,8	35,8	21,1	36,6	40,5	49,77	29
2	31,3	2,2	48	1,3	34,9	20,7	36,3	40,6	49,72	25,6
3	30,7	2,1	45,8	1,4	36,2	20,6	35,6	40,8	49,50	25,4
4	30	1,8	44,7	0	37,3	20,2	34,6	40,9	49,44	25,5
5	29,8	1,6	45,8	0,2	39,4	20	34	40,9	49,33	25,5
6	29,8	1,6	48,6	0,1	40,6	19,7	33,8	41	49,33	25,6
7	30,4	1,1	48,2	0,2	42,1	18,7	33,7	41,1	49,27	25,6
8	30,7	1,2	48,7	0,3	43,6	20,8	34	40,8	49,27	25,7
9	30,8	0,7	50,1	0,1	42,7	21,1	33,5	40,8	49,27	25,8
10	31,6	0	49,3	0	43,4	20,4	33,5	40,9	49,22	25,7
11	32,1	1,9	50	1,6	43,8	21,2	33,6	41	49,22	25,8
12	32,6	0,8	49	0,8	43,5	20,5	34,9	41,1	49,22	25,8
13	33	0,6	48,2	1,4	40,2	20,5	34,5	41,4	49,16	25,9
14	33,4	1,4	48,8	1,5	39,4	20,9	34,6	41,3	49,16	25,9
15	32,4	0,9	46,4	0,9	39,5	19,8	34,5	41,3	49,11	25,8
16	32,8	1,6	45,7	1	39,4	18,9	34,3	41,6	49,05	25,8
17	32,1	1,2	45,7	0,5	38,9	18,5	34,2	42	49,05	25,9
18	31,7	0,9	47,4	0,4	39,2	18,9	34	42,2	49,00	25,9
19	32,6	0,9	48,5	0,8	39,5	19,5	34,2	41,4	48,94	26
20	32,7	0,8	47,2	0	39,5	18,8	34,3	41,4	48,94	25,9
21	32,7	0,1	48	0	39,1	19,2	34,2	41,7	48,94	26
22	32,9	0,5	49,7	1,2	39,5	19,1	34,4	41,9	48,89	26
23	34	1,1	51,5	1,1	39,4	18,4	35,4	42	48,83	26
24	34	0,3	48,4	0	37,9	19,6	34,8	42	48,83	26,1
25	33,5	1	48,5	0,3	38,5	20,1	34,7	42,1	48,77	26,1
26	33,4	0,9	50,6	0,5	37,9	19	35,1	42,2	48,72	26,1
27	33,6	0,7	50,7	0,4	38,6	18,1	35,1	42,6	48,72	26,1
28	34,2	1,1	51,1	0,9	38,9	18	35,1	42,7	48,72	26,2
29	34,3	1,1	50,7	1,3	38,7	18,5	35,3	42,6	48,72	26,3



30	33,2	1	47,4	1	37,7	18,6	35	42,7	48,72	26,8
31	33,2	1	46,8	0,9	37,1	19,1	34,9	42,7	48,72	26,6
32	33,4	0,7	47	0,3	37,1	18	35,1	42,8	48,72	26,3
33	33,9	1,4	48,7	1	37,5	17,6	35,2	43	48,66	26,3
34	33,3	0,9	48,8	0,9	38,6	16,6	35,4	42,8	48,66	26,3
35	33,4	1	48	0,8	36,5	17,1	35,1	42,8	48,66	26,5
36	34,2	0,7	48,6	0,8	38,1	18,6	35,4	42,9	48,61	27
37	34,8	0,9	49,3	0,8	37,6	17,6	35,6	42,9	48,61	27,2
38	35	1,4	49,1	1,1	36,3	16,8	35,6	43,2	48,61	26,6
39	33,5	1,7	47	1,2	36,1	17,2	35,6	43,2	48,61	26,7
40	32,2	1,5	46,3	1,1	36,5	17,1	35	43,6	48,61	26,9
41	32	1,1	45,2	0,8	37,1	16	34,9	43,7	48,61	26,8
42	32,6	1,2	46,7	1,1	38,2	15,9	35,2	43,9	48,61	26,8
43	32,4	1,1	46	0,9	37,7	16,1	35,3	43,3	48,61	26,7
44	32,3	1,6	46,3	0,8	36,8	16,6	35,3	43,3	48,61	26,7
45	31,9	1,6	46,9	0,9	38	17	35,1	42,6	48,61	26,6
46	31,7	1,5	47,3	1,3	37,8	17,2	34,7	43	48,55	26,5
47	30,8	1,7	45,2	0,8	39,5	16,7	34,4	43,1	48,55	26,9
48	31,1	0,2	45	0	39,3	17,9	34,3	43,1	48,55	26,9
49	31,2	1,2	46,1	0	40,9	17,3	34,1	43,2	48,61	27,1
50	31,8	1,3	48	0	41,3	17,3	34,1	43,3	48,61	27,2
51	32,1	1,2	49,1	0	42	17,1	33,7	43,1	48,61	27,3
52	31,9	1	50,4	0,1	42	18	34	42,9	48,61	26,6
53	32	0,8	51,3	0,9	41,8	18,6	34,1	42,9	48,61	27,4
54	33,2	1,5	49,6	1,3	42,3	19,4	34,5	43,1	48,55	26,6
55	32,4	1,5	48,5	1,3	41,8	18,6	34,8	43,2	48,55	26,7
56	31,7	1,5	46,1	1,1	40,7	18,8	34,2	43,3	48,61	26,5
57	31,8	1,5	46,2	1,4	41	17,5	34,1	43,3	48,55	26,4
58	32,1	1,1	45,5	0,8	40,2	17,2	33,9	43,7	48,55	26,5
59	32,4	1,5	47,9	1,3	39,3	17,3	34,1	43,6	48,50	26,3
60	31,8	1,3	46,4	1,1	39,3	17,2	34,1	43,1	48,50	26,6
61	31,1	1,7	45,6	1,3	38,8	16,9	34,1	43	48,44	26,4
62	30,6	1,9	44,4	0,2	39,5	16,6	33,7	42,9	48,44	26,4
63	30,5	0,5	46,1	0,5	41	16,7	33,5	43,3	48,44	26,4
64	30,8	0,2	47,6	0,8	41,6	16,3	33,2	43,2	48,44	26,6
65	37,6	0,4	46,5	0	43,7	16,7	35,6	43,1	48,39	26,7
66	40,6	0,9	45	0	38,1	17,7	38,4	42,6	48,44	26,9
67	37,1	0,8	49,5	0,3	30,4	18,5	38,7	42,5	48,39	26,7
68	35,8	1,7	48	0	29,2	18,7	37	42,9	48,39	26,7
69	35,3	0,9	50,2	1,1	30,1	18,4	36,7	43	48,39	26,9
70	33,7	1	48	0,5	31	18,3	35,9	43,1	48,39	27,1
71	33,6	1,1	48,1	0	33,9	16,9	35,9	43,3	48,33	27
72	34,1	0,7	49,9	0	34,8	15,5	35,7	43,4	48,33	26,8
73	34,7	1,1	51,1	0	37,1	15,4	35,5	43,7	48,33	26,8



74	35,9	0,7	51,1	0,8	38,9	16	35,6	43,6	48,33	27,1
75	35,3	1,2	50,3	1	37,2	16,7	35,6	43,6	48,33	27,2
76	35,4	0	50,4	0,3	36,8	18,5	35,8	43,7	48,33	26,9
77	35	1,3	48,5	0,7	37	18,3	35,6	43,7	48,33	26,9
78	34,5	1,4	50,4	1,1	34,9	15,7	35,6	43,8	48,33	27
79	33,7	1,2	48,6	1,2	36,1	16,4	35,5	43,9	48,33	27,1
80	33,2	1,2	47	1,1	36,8	16,1	35,3	44,1	48,33	27,1
81	33,1	1,3	46,7	1,2	37,9	15,2	35,4	44,2	48,33	27,3
82	32,9	1,2	46,3	0,8	37,2	15,3	35,5	44,6	48,33	27,3
83	33,3	1,3	47,3	0,9	37,6	15,3	35,3	44,3	48,33	27,3
84	33,2	1,4	47,5	1,3	37,1	15,7	35,2	43,9	48,33	27,1
85	32,9	1,1	46,3	1,1	37,6	15,4	35,3	44	48,27	26,9
86	33,3	1	47,1	0,8	36,4	15,8	35,2	44	48,27	27
87	33,7	1,3	47,9	1,4	36,6	15,5	35,3	44,1	48,27	27,1
88	33,1	1,5	45,8	1,1	36,3	15,8	35,4	44,2	48,22	27,3
89	32,6	1,2	46,4	1,4	36,2	15,2	35,3	44	48,22	27,3
90	32,8	1,2	45,7	1	37,7	15,4	35,4	43,9	48,22	27,3
91	32,9	1,7	46,1	1,3	36	15,8	35,3	44	48,22	27,3
92	31,5	1,9	45	1,3	36,8	15,5	34,9	43,5	48,22	27,4
93	31,1	1,4	43,8	1,1	37,4	16,3	34,5	43,4	48,22	27,3
94	31,4	1,3	44,3	0,9	38	15,8	34,6	43,4	48,22	27,7
95	31,2	1,6	44,7	1,1	38,7	15,8	34,5	43,6	48,16	27,4
96	31,1	1,3	44,2	0,6	38,7	15,9	34,4	43,4	48,11	27,4
97	31,1	1	45,4	0,5	39,1	16	34,2	43,2	48,11	27,5
98	32,1	1,1	46,8	0,8	39,5	16,8	34,6	43,1	48,11	27,6
99	32,2	1	45,9	0,7	40,1	16,3	34,9	43,2	48,11	28
100	32,3	1,1	46,2	0,7	38,5	16,8	34,8	43,2	48,11	27,9
101	32,3	1,1	46,7	0,6	40,5	16,8	34,8	43,4	48,11	27,7
102	32,1	1,2	47,5	0,4	39,5	17,1	34,7	43,6	48,11	27,8
103	32,1	1,2	48,1	0,7	39,8	16,7	34,7	43,6	48,05	28
104	32,4	1,3	47,8	0,5	40,9	17,4	34,7	43,7	48,05	28
105	32,1	1,5	48	0	40,3	16,9	34,6	43,6	48,05	28,4
106	32,6	1,5	48,3	0	41,2	16,7	34,6	43,7	48,00	28
107	32,1	1,4	48,7	0,2	39,7	17,2	34,4	43,8	48,00	28
108	31,6	0,8	49,6	0,2	41,3	17	34,1	43,8	48,05	28
109	32,8	1,1	50,4	1,2	40,3	16,9	34,3	43,9	48,00	28
110	32,7	1,3	48	0,8	40,4	17	34,5	43,9	48,00	28
111	32,5	1	46,9	0	39,4	17,3	34,4	44	48,00	28,5
112	32,8	0,8	49,7	0,7	40,4	17	34,4	44	48,00	28,5
113	33,7	1,3	50,6	1,4	41,9	15,9	35,1	44,1	48,00	28,9
114	33,8	1,3	47,9	1,5	38,9	15,4	34,8	44	48,00	28,2
115	32,7	1,1	45,8	1,4	37,6	15,9	34,2	43,9	48,00	28,1
116	33,1	1	46,5	0,8	37,5	16,8	33,8	44,2	48,00	28,6
117	33,3	1,8	47,8	1,1	38,1	15	34,1	44,4	48,00	28,5



118	32,2	1,4	46,3	0,6	38,2	14,9	34,2	43,9	48,00	28,2
119	31,4	1,1	47,7	0,5	38,5	15,3	33,8	43,4	48,00	28,4
120	32	0,7	48,6	0	39,6	15,4	34	43,2	48,00	28,5
121	32,9	1,1	50,1	1	40,6	15,6	34,4	43,4	48,00	28,4
122	32,5	0,9	48,5	1	39,2	16	34,6	43,1	48,00	28,3
123	32,9	1,1	48,1	0,8	38,9	15,9	34,8	43,4	48,00	28,4
124	32,7	1,1	48,1	0,9	38	15,7	34,7	43,7	48,00	28,3
125	32,6	0,3	47,4	0,7	38,2	15,5	34,8	43,9	47,94	28,4
126	32,5	1	47,2	0,8	38	15,2	34,5	43,9	47,94	28,4
127	32,7	1,2	48	0,9	38,8	14,6	34,8	44,3	47,94	28,4
128	32,3	1,3	47,5	0,9	38,3	14,8	34,6	44,3	47,89	28,5
129	31,7	1,5	47	1,3	39,4	15,2	34,4	44,3	47,89	28,5
130	31,4	1,6	46,9	1,2	40,2	15,5	34,4	44,3	47,89	28,4
131	31,4	1,2	45,9	0,8	41,6	14,8	34	44,4	47,83	28,5
132	31,5	2	46,6	0,8	40,3	15	34,2	44,3	47,83	28,6
133	31,2	1,5	46,9	0,6	39,6	15,2	34,3	44,3	47,83	28,7
134	31,2	1,7	47,1	0,9	40,3	15,6	33,8	44,2	47,83	28,6
135	30,9	1,2	47,6	0	40,7	14,9	33,7	44,1	47,83	28,7
136	31,4	1	49,3	0	42	15,3	33,6	44,4	47,83	28,7
137	32,1	1,6	50,6	0	42,4	15	34	44,4	47,77	28,7
138	32,3	1,4	51,5	0,2	41,7	14,4	34,1	44,4	47,77	28,7
139	31,7	1,3	51,9	1,6	41,2	16	33,7	44,4	47,77	28,7
140	31,5	0,6	48,8	1,1	41,2	15,8	33,7	44,5	47,77	28,7
141	32,7	0,6	48,1	0	41	16	33,9	44,6	47,72	28,7
142	35,1	1	50,1	1,1	39,8	16,7	34,6	44,7	47,72	28,7
143	35,7	1,2	50,7	0,9	36,3	14,5	35,6	44,7	47,72	28,7
144	34,1	1,1	49,1	0,6	36,6	14,2	35,1	44,4	47,72	28,7
145	33,5	0,8	50,2	0,6	36,6	15,1	35	44,5	47,72	28,8
146	33,8	1,1	50,4	0,8	37,7	14,4	34,8	44,2	47,72	28,9
147	34,2	1,3	49,8	1,1	38,6	14,6	35,2	44,6	47,72	28,8
148	33,3	1,1	48	1,1	38,3	14,6	35,2	44,6	47,66	28,8
149	33,1	1	47	0,9	38,5	14,6	35	44,7	47,61	28,8
150	33,7	2,8	47,9	1	38,6	14,8	35,2	44,7	47,61	28,8
151	33,2	1,1	47,2	0	37,8	14,9	35,1	44,7	47,61	28,8
152	32,2	1,6	46,8	1,4	37,9	14,7	34,3	44,6	47,61	28,9
153	32	1,3	48,6	1,1	39,4	15	34,4	44,4	47,50	28,9
154	32,2	0,3	46,9	0	40,4	14,6	34,5	44,6	47,55	28,9
155	33,8	1,2	50,3	0,7	40,4	14,7	34,9	44,4	47,50	29
156	33,4	1,7	50,3	0,9	39,2	14,9	35,1	44,3	47,50	29
157	32,2	1,7	49,3	0,9	37,9	15	34,6	44,4	47,44	29
158	31,7	1,3	48,4	0,4	39	15,4	34,3	44,5	47,44	29
159	31,8	1,4	49,6	0,9	39,7	16	34,3	44,7	47,44	29
160	31,6	1,8	48,7	1,1	40,5	14,4	34,3	44,8	47,44	29
161	31,2	1,9	47,7	1,3	40,7	14,4	34,1	44,8	47,39	29



162	30,9	0,8	45,8	0	41,8	15	33,9	44,7	47,39	29
163	32,3	1,1	47,6	0,9	43,2	14,7	34,4	44,8	47,33	29,1
164	32,2	1,3	49,7	1,1	39,8	14,6	34,4	44,8	47,33	29,1
165	32,2	2,1	47,4	0,9	40,4	14,3	34,5	44,7	47,33	29,2
166	32,1	2,3	47,4	1,5	40,4	15,2	34,6	44,4	47,33	29,2
167	31,3	1,5	45,4	1,3	39,5	15,5	34,1	44,7	47,33	29,1
168	30,7	0,6	45,1	0	39,7	14,5	33,6	44,8	47,33	29,2
169	32,1	0,2	47,6	0	41,7	14,5	34,3	44,7	47,27	29
170	33,9	1,1	50,3	0,7	40,9	13,8	34,7	44,8	47,27	29,1
171	33,3	1,1	50	1	39,6	13,9	34,7	44,6	47,27	29,1
172	32,7	1,3	48	1	39,3	15,4	34,6	43,8	47,22	29,2
173	32,2	1	46,6	0,3	38,9	16,7	34,6	44,3	47,22	29,2
174	32,8	1,5	48,8	0,8	39	15,4	34,8	44,4	47,22	29,2
175	32,1	1,4	48,7	1	39,5	14,9	34,6	44,7	47,22	29,1
176	31,7	0,9	47	0	39,3	14,2	34,3	44,6	47,22	29,1
177	32,7	0,4	47	0	40,4	14,5	34,5	44,4	47,16	29,3
178	34,2	0,9	50,4	0	40,3	15,1	35	44,6	47,16	29,3
179	34,2	0	50,9	0	39,8	14,2	35,1	44,7	47,16	29,3
180	34,5	1,7	52,2	0,9	39,8	14,7	35	44,4	47,16	29,3
181	33,7	1,6	51,6	0,5	39,5	16,6	35	44,6	47,16	29,3
182	33,2	0,2	51,2	0	39,5	16,4	34,4	44,7	47,11	29,3
183	36,8	2	49,9	0,8	41,5	16,5	36,4	44,8	47,11	29,3
184	35,2	1,8	51	0,6	37,4	14,9	36,1	44,8	47,11	29,3
185	32,8	1,5	52,2	0,3	36,4	15,4	34,6	44,9	47,05	29,3
186	32,3	1,2	53,2	1,3	38	16,4	34,2	44,9	47,05	29,3
187	32,6	0	52,4		39,6	14,4	34,3	44,9	47,05	29,3

Ensayo 2, 20°

Dat o	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e hgro	T s Hgro
1	36,2	1,4	52,4	0,8	29,9	19,7	35,2	41,39
2	36,1	1,5	52	0,5	29,9	18,1	35,3	41,94
3	35,8	1,4	52,5	0,3	31,7	17,7	35,6	43,06
4	35,6	0,7	53,4	0,6	31,3	16,2	35,3	44,06
5	37,4	1,2	53,7	0,8	27,5	16,7	35	44,61
6	37,2	1,8	53	1	29,5	14,4	34,9	44,89
7	37,1	1	52,2	0,6	30,2	13,9	34,8	45,06
8	37,9	1,5	53,2	1,4	31,1	13,8	34,6	44,94
9	38,3	1,4	52,7	0,9	32,3	14	34,4	45,89
10	38,1	1,4	53,3	1	33,1	13,9	34,7	46,28
11	38,4	1,3	52,5	1,1	34,1	12,3	35,2	46,67



12	38,5	1	52,5	0,8	33,8	12,9	35,4	46,72
13	39	0,9	52,8	0,4	32,6	12,2	35,4	47,11
14	39,6	0,8	53,7	0,8	29	12,3	35,2	46,83
15	40,2	1,5	54,5	0,8	30,4	11,4	35,8	47,17
16	39,3	1,4	54,9	1,2	29,6	11,4	36,1	47,33
17	39	1,9	53,1	1,1	30,8	12	36,3	46,56
18	39,5	1,9	52,4	1,3	31,3	12,5	36,2	46,83
19	38,9	4	52,6	1,7	31,1	12,3	36,1	47,22
20	37,6	2,1	52,5	1,7	32,6	12,9	36,3	46,83
21	37	1,4	51	1,3	30,8	12,7	36	47,22
22	37,5	1,7	51,1	0,9	30,3	12,3	35,5	46,39
23	37,2	1,3	52,1	1,3	28,6	12,4	34,9	47,06
24	37,5	1,5	51,1	1	29,1	11,8	35,3	47,33
25	37,6	1,1	51,2	1,5	30,1	11,6	35,2	47,78
26	37,1	1,5	50,5	1,3	30	11,8	35,1	47,89
27	36,6	1,7	50,7	1,1	30,8	12,1	35,2	47,94
28	37,1	1,8	51,5	1,2	31,4	11,9	35	47,94
29	37,7	1,5	51,5	0,7	29,6	12,5	34,8	47,72
30	37,5	1,5	52,8	1,2	29,9	11,5	34,6	48,00
31	38	1,6	51,3	0,8	30,3	11,3	34,7	48,06
32	39	1,9	52,1	1,3	30,5	11,7	34,8	47,39
33	37,6	1	53,7	1,1	30,6	11,7	34,7	47,22
34	38,1	1,4	52,9	0,3	30,4	11,5	35,2	47,50
35	39	0,4	55,3	1	30	11,9	35,1	47,83
36	39,3	0,9	53,9	0,9	30,3	10,9	34,7	48,06
37	41	3,7	54,1	1,1	30,5	11,7	35,3	48,33
38	40,5	2,8	55,7	1,6	30,8	10,9	35,3	48,11
39	37,9	1,9	52,9	1	30,7	10,8	35,9	47,94
40	38,8	1,9	52,6	1,2	29,8	11,3	36,2	48,17
41	38,3	0,7	52,4	0,7	28,6	11,3	34,9	47,83
42	39,7	1,4	53,1	1,1	28,9	10,6	35,1	48,11
43	39,9	2,2	53,7	1,2	29	10,7	35,1	48,00
44	39,3	2,1	53	1,5	30,2	11,7	35,4	48,11
45	38,5	1	51,5	0,4	30,4	11	35,6	47,78
46	39,3	0,6	53	0,6	30,2	11,1	35,4	47,50
47	40,8	1	53,6	0,4	28,8	11,2	34,9	47,50
48	40,5	1,6	55,2	1,1	28,6	10,8	35,2	48,17
49	40,2	1,3	54,3	1,6	28,9	10,3	35,9	48,00
50	40,5	1,4	53,3	0,8	28,5	10,9	35,7	48,11
51	40,5	0,9	53	1,2	29,3	10,8	35,6	48,33
52	40,7	1,4	53,2	0,7	28,4	11,8	35,6	48,22
53	40,7	1	53,7	1,8	28,1	10,9	35,6	48,39
54	40,9	1,6	53,2	1,8	28,3	12	35,6	48,56
55	40,2	1	54,7	2	27,9	11	35,6	49,06



56	40,5	1,2	52,8	0,9	28,1	11,5	36,1	48,67
57	40,7	1,5	53,6	1	27,5	11,8	35,6	48,56
58	40,5	1,5	53,8	1,4	27,7	11	35,6	48,56
59	40,1	1,4	54,3	1	28,4	11	35,8	48,50
60	40,3	2,3	54,2	1,2	27,8	11	35,7	49,17
61	39,6	2,4	53,7	1,4	27,6	10,4	35,6	49,56
62	39,1	1,6	52,6	1,7	27,7	10	35,6	49,33
63	38,7	1,6	51,4	1,7	29,9	10,1	35,6	49,22
64	38,3	2,7	50,6	1,3	29,6	9,5	35,3	49,39
65	37,3	1,6	51,3	1,3	28,7	9,6	35,3	49,44
66	36,5	1,8	51,2	1	28,4	10	35,2	49,61
67	36,6	1,5	51,8	1,5	30,4	10,6	34,9	48,78
68	36,8	1	51,2	0,9	29	10,6	34,5	48,78
69	38,5	1,2	52,1	0,6	29,6	10,8	34,4	48,39
70	39,2	1,3	54,1	1	31,1	10,9	34,5	48,06
71	39,4	1,1	54,1	1	30,1	11,5	34,9	47,56
72	39,2	1,9	54,2	0,9	29,6	10,9	35,4	47,78
73	39,1	2	53,9	1	29,1	10,7	35,3	48,22
74	39	1,9	53,9	1,9	29,6	11,3	35,2	48,28
75	38,1	2,1	50,2	2	30,5	11,4	35,3	48,33
76	37,4	2	50	1,4	30,1	11,5	35,7	48,72
77	37,1	1,4	50,8	1,2	29,5	11,3	34,9	48,28
78	36,9	1,4	52	1	31,6	11,3	34,6	48,33
79	37,3	1,4	51,5	0,7	30,6	10,8	34,9	48,17
80	38	1,7	52,7	0,9	30,2	10,5	34,6	48,50
81	38,3	2,8	53,4	1,7	30,9	11	34,8	48,22
82	36,7	1,1	51,5	1,5	31,4	11,1	35,1	48,83
83	37	4	51,5	1,3	31,5	10,8	35,3	48,50
84	36,3	2,5	51,3	1,8	29,6	10,9	34,7	48,78
85	34,8	2,1	50,6	1,3	30,8	11,5	34,3	49,17
86	34,4	0	50,1	1	30,8	11,3	34,2	48,89
87	36,4	1,2	49,7	0,3	31,3	10,4	33,8	48,83
88	36,8	1,5	52,6	0,8	32,1	10	33,6	49,39
89	36,5	1,5	52,9	1	33,5	10,4	33,6	49,33
90	37,2	1,1	52,1	0,7	32,5	10,6	34,4	49,00
91	37,3	1,2	52,8	0,5	30,9	10,7	34,6	48,28
92	37,8	1,3	54,5	1,1	31,4	10,6	34,6	48,22
93	38,2	1,5	53,6	1,1	30	10,7	34,4	48,78
94	38,7	1,3	53,9	0,9	31,1	11,3	34,8	48,39
95	38,4	1,2	53,6	0,7	31,5	11,6	34,8	47,67
96	38,5	1,4	54,7	1,1	31,1	11,2	35,1	48,06
97	37,8	1,2	53,6	0,9	30	11,5	35	47,83
98	37,7	1,2	53,6	0,6	29,5	12	35	48,33
99	39,9	1,4	55,6	1	31,5	12,5	35,1	48,50



100	38,7	1,4	54,5	1	31,1	11	34,8	48,61
101	37,7	1,8	53,1	1,3	30,7	10,7	35,7	48,78
102	36,9	1,4	51,7	0,9	29,8	10,8	35,4	48,22
103	36,9	1,2	51,6	0,5	31,1	10,7	35,1	48,50
104	37,8	1,4	53,6	0,8	29,9	11,3	34,7	47,94
105	37,3	0,8	53,8	0,1	30,4	11,2	34,3	48,44
106	38,6	1,5	53,5	1,1	32,4	10,6	34,6	47,94
107	37,5	1,5	54,5	0,8	31,9	10,6	34,4	48,83
108	37,1	1,3	53,8	0,9	33,5	10,3	34,8	48,83
109	37	1,2	53,9	0,9	31,4	11,1	34,6	48,78
110	37,4	1,2	53,5	1	32,1	10,6	34,5	48,50
111	38	1,6	52,6	0,9	32,3	11,3	34,4	48,33
112	38,2	1,4	53,8	1,1	31,8	11,5	34,6	48,83
113	39	2,5	54,2	1,4	30,9	10,1	34,6	49,28
114	37,4	1,9	54,8	0,7	31,1	10	34,8	48,94
115	37,6	0,2	53,8	0	32,6	10,1	35,3	48,94
116	40,6	1,6	54	0,9	29,3	10	34,7	48,78
117	39,7	1,6	55,4	1,1	29,8	9,4	34,8	49,33
118	39,5	0,2	54,5	1,6	30	9,8	35,5	49,28
119	40,8	1,6	53,1	1,9	29,9	10,7	35,8	49,06
120	40,2	2,3	55,5	1,6	30,2	10,5	35,7	48,56
121	39,1	1,8	52,9	2,7	30,5	10,5	35,8	48,33
122	38,7	1,9	51,2	1	28,5	10,7	36	48,50
123	38,1	2,5	51,9	1,7	28,4	10,5	35,7	49,00
124	37,8	1,6	51,2	1,7	28,3	10,3	35,2	48,06
125	37,4	1,5	50,9	1,5	28,5	10,9	35,3	48,33
126	37,5	1,6	51,2	2,3	30	10,7	35	48,11
127	37,6	2,2	49,8	1,1	29,5	10,4	34,8	48,33
128	37,5	1,2	51,3	1,6	30,4	11,1	35,1	48,56
129	37,6	0,8	50,6	1,2	29,8	10,5	34,9	48,50
130	36,7	0,3	51,1	1,1	29,6	11,8	35,1	48,33
131	37,1	1,4	52	0,9	29,9	10,7	34,8	48,33
132	37	1,6	52,6	0,9	29,6	12,5	34,5	48,44
133	35,9	1,1	51,5	1	29,5	10,1	34,4	48,28
134	36,4	1,2	51,2	0,9	30	11,4	34,9	48,50
135	36,3	0,8	51,7	0,8	29,9	10,8	34,5	48,78
136	37,7	1,1	52,2	0,2	30,7	11,45 4	34,4	47,96
137	37,4	0,9	54,1	0,7	30,3		34,6	
138	38,2	0,8	53,6	0,4	30,9		34,8	
139	38,5	1,3	54,6	1,2	31,3		35,2	
140	38,6	1,3	53,7	0,9	31,4		35,3	
141	38,9	1,6	54,2	0,8	30,4		35,3	
142	38,4	1	53,6	0,7	29,1		35,2	



143	38,4	1,2	54,9	0,9	28,8		35,5	
144	38	1	54,7	1,1	29,1		35,2	
145	38,2	1,8	53,8	2	29,6		35,3	
146	38,9	0,8	54	1,7	30,7		35,4	
147	38,2	1,1	51,8	0,6	30		35,2	
148	38	1,5	54,5	1	29,8		35,7	
149	37,4	1,6	53,8	1	28,1		35,1	
150	37	1,2	53	1,2	28,4		35,4	
151	37,6	1,3	53,6	0,9	28,9		35,3	
152	37	1,4	53,9	0,9	29,2		35,1	
153	37,2	1,3	53,9	1,2	29		34,9	
154	37	0,9	52,5	0,9	28,9		34,9	
155	37,8	1,2	53,1	0,7	29,8		35,1	
156	37,7	1,4	54,1	0,7	31,1		35,1	
157	36,9	1,2	54,3	0,9	31,3		35,5	
158	37,4	1,7	53,4	1	29,9		35,4	
159	37	1,3	54	1,4	29,5		35	
160	37,5	1	53,2	0,9	30,5		35,1	
161	37,9	1,6	52,8	0,9	30,4		35,1	
162	38,1	1,4	53,4	1,9	29,3		35,2	
163	38,6	1,5	52,9	0,6	29,3		35,3	
164	38,2	1,1	54,5	1,1	29,5		35,6	
165	38,8	2,1	54,1	1,6	30,1		35,5	
166	37,8	1,7	54,4	1,3	28,6		35,7	
167	36,5	1,7	53,7	1,1	27,9		35,7	
168	35,7	1,4	53,1	1,2	29,1		35,6	
169	36	1,1	52,4	0,9	28,6		35,1	
170	36,4	1,7	53,5	0,7	28,9		34,9	
171	36,9	1,3	53,9	1,2	29,4		34,8	
172	37,7	1,5	53,8	1,1	29,5		35	
173	38	1,3	54	1,5	30		35,1	
174	37,9	1,7	53,2	1,2	31		35,4	
175	37,5	3,2	53,2	2,1	28,9		35,7	
176	36,7	2,1	51,3	1,7	30,3		35,7	
177	35,8	1,6	49	1,4	28,5		35,6	
178	36	2,6	51,2	1,1	28,5		35,2	
179	36,3	1,3	51,4	1,2	28,8		34,6	
180	36,5	0,8	51,7	0,9	29,6		34,9	
181	36,9	1,2	52,2	0,7	29,1		35,2	
182	37,3	1,7	53,1	1,1	29,1		35,2	
183	37	2,3	52,4	1,7	29,6		35,5	
184	36	1,3	51,3	1,1	29,2		35,7	
185	35,8	1	51,3	0,3	29,1		35,7	
186	36,8	0,9	53,5	0,4	29		35,1	



187	37,6	1,3	53,9	1,1	28,7		34,9	
188	37,3	0,6	53,8	1,1	29,2		35,4	
189	37,8	1,3	53	0,8	30,5		35,9	
190	37,7	1,3	53,2	1	28,4		35,6	
191	37,7	1,2	53,6	1	28,3		35,6	
192	36,5	1,2	54	0,8	27,9		35,8	
193	36,1	1,4	54,6	0,7	27,5		35,6	
194	35,2	1,3	54,1	0,8	27,3		35,6	
195	35	1,3	53,6	0,9	27,6		35,2	
196	35,1	1,5	52,9	0,8	27,7		34,9	
197	34,5	1,4	53,9	0,6	28,6		34,5	
198	34,4	1,5	54,3	0,9	29,5		34,3	
199	33,9	1,3	54,2	0,5	29,1		33,8	
200	34,2	1,2	55	0,5	29,5		33,6	
201	34,4	1,3	55,3	0,7	29,9		33,6	
202	34,7	1,1	54,1	1	30,5		33,4	
203	35,2	1,2	53,2	0,9	31,4		33,6	
204	35,6	1,6	53,5	0,7	31,1		33,7	
205	35,3	1,5	54,3	0	30,8		33,9	
206	35	1,2	56,3	0,6	33,6		34,1	
207	35,4	1,2	55,8	0,7	32		33,9	
208	35,1	1,2	55,3	1,3	30,7		33,6	
209	35,2	1,3	54	0,9	31,1		33,5	
210	35,2	1,1	53,3	0,8	31,4		33,7	
211	35,7	1,2	53,9	0,6	31,4		33,9	
212	36,4	1,2	54,9	0,7	30,4		34,1	
213	36,5	1,2	55,3	0,6	30,9		34,4	
214	36,5	0	55,5	1,1	33		34,7	
215	38,9	0,7	54,4	0	30,9		34,8	
216	39,6	0,8	57,7	0,9	30,8		34,8	
217	39	1,3	56,8	0,9	31,6		35,6	
218	38,1	1,3	55,6	0,9	27,6		37,2	
219	37	1,4	55	1,2	26,3		36,6	
220	36,9	1,7	54,6	1,2	27,5		36,2	
221	35,7	1,4	53,3	1,3	27,7		35,7	
222	35,9	0,7	53,2	1	29,5		35,7	
223	36,9	0,7	54,5	0,8	29		35,6	
224	37,9	2,2	55,5	1,3	30,1		35,4	
225	38,3	1,4	54,6	1,6	28,1		35,6	
226	38	1,5	53,7	1,2	28,9		36,1	
227	37,8	1,4	54,4	1,2	28,8		36,6	
228	37,7	1,1	54,5	0,8	27,2		36,3	
229	37,8	1	55	0,7	27,7		36,3	
230	38,7	1,3	55,7	1	27,4		36,3	



231	39,1	0,8	55,5	1,6	27,6		36,5	
232	39,3	0,2	54,7	1	27,1		36,7	
233	39,6	1	55,9	0,5	27,7		37,1	
234	39,4	1,1	56,5	1	27,3		37,2	
235	39,1	1,3	56,4	0,9	26,2		37,2	
236	39,1	1,5	56,3	1	26,4		37,3	
237	39,5	0	55,4	1,5	27,4		37,2	
238	40,1	0,1	55,2	0,1	27,2		37,3	
239	40	1,6	57,3	1,1	27,5		37,7	
240	39,9	1,4	58,4	1,3	25,4		37,5	
241	39,7	0,6	57,2	1,3	25,4		37,9	
242	39,3	1,2	55,9	0,9	25,9		38,2	
243	40,1	1,8	56,3	1,2	25		37,9	
244	39,8	1,5	56,9	1,3	25,4		37,8	
245	38,4	1,1	55,1	0,7	25		38,1	
246	37,5	1,1	56,7	1,1	25,8		38	
247	38,5	1,1	55,5	1,1	25,5		37,6	
248	39,1	1,3	55,7	0,8	24,9		37,1	
249	38,6	1,5	56,3	0,8	25,9		37,4	
250	38,3	1,6	56,8	0,4	25,7		37,7	
251	39	1,3	55,8	1,5	25,6		37,6	
252	37,5	1,1	56,1	0,9	25,3		37,4	
253	38,1	1,1	56,1	0,8	25,3		37,6	
254	39,1	1,5	56,6	1,2	25		37	
255	39	0,8	56,5	1,4	25,8		37,4	
256	39,6	1,3	55,5	0,9	26,3		37,8	
257	39,3	1,7	56,4	1	25,3		37,7	
258	38,4	1,9	56,6	1,4	24,8		37,8	
259	38	1,4	55,4	2,5	25		37,9	
260	38,4	1,1	53,8	2,9	26,1		37,5	
261	37	1,4	54,1	2,3	25,8		37,2	
262	37,4	1,4	51,7	1,3	26,2		37,6	
263	36,8	1,3	53,1	1,2	25,8		36,8	
264	36,6	2,2	52,7	1,2	26,2		36,7	
265	35,9	1,3	52,5	1,3	26,4		36,6	
266	35,2	1	52,9	1,1	27,4		36,5	
267	36,3	1,2	53,5	0,6	27,5		36,4	
268	37,6	2	54,5	1,4	27,9		35,9	
269	37,2	1,9	54	1,4	27,7		36,3	
270	36,4	1,5	52,3	1,7	27,3		36,9	
271	36,7	1,7	51,4	1,2	27,7		36,8	
272	37	1,4	53,1	1,4	27,6		36,1	
273	37,4	1,6	53,2	1,5	27,5		36,2	
274	37,3	3,7	52,7	2,2	27,9		36,7	



275	36,6	1,3	52,1	1,9	27,5		36,9	
276	36,8	2,1	50,4	0	27,7		36,9	
277	37,5	2,1	53,7	1,7	28,1		36,7	
278	36,3	2,1	53,1	1,4	27,4		36,4	
279	36,4	1,6	52,8	1,9	27,2		37,4	
280	35,6	0,2	51,7	1,4	27,3		36,8	
281	36,6	0,2	51,5	1,6	28,3		36,3	
282	38,2	2	53,5	1,3	28,1		35,8	
283	36,8	1,6	52,9	1,4	27,9		36,4	
284	35,6	1,5	52,2	1,2	27,1		37	
285	35,5	1,6	53,1	1,4	27,1		36,8	
286	35,3	1,2	51,9	1,4	26,8		35,9	
287	36	1,2	51,7	1	27,8		36	
288	36,7	1	52,7	1	28,3		35,8	
289	36,9	1,2	53,1	0,7	28,7		35,7	
290	37	1,2	53,8	1,2	27,9		36,2	
291	37,6	1,1	53,6	0,9	28,1		36,1	
292	37,7	1,4	54	1	29,6		36,3	
293	37,6	1,3	53,7	0,8	28,3		36,6	
294	36,8	1,2	54,9	1	27,8		36,7	
295	36,9	1,1	54	0,9	27,4		36,6	
296	37,5	0,8	53,7	0,6	27,5		36,3	
297	38,5	1,2	55,1	0,7	30		36,4	
298	38,2	1,2	56,2	1	29,2		36,8	
299	38,7	1	55,5	1	28,1		37	
300	39,1	1,7	55,2	1	27,3		37	
301	38,1	1,6	55,4	1,4	27,7		37,2	
302	37,9	2,5	54,3	1,2	27,9		37,4	
303	36,5	1,5	54,3	1,4	27,8		36,9	
304	36,5	1,4	53,2	1,4	26,9		36,8	
305	37	1,3	53,2	0,6	27,5		36,2	
306	36,8	1,9	54,6	1,3	28,8		36,1	
307	36	1	53,8	1,5	28,8		36,3	
308	36,9	1,3	52,9	0,7	28,1		36,3	
309	36,8	0,7	52,5	0,6	28,3		35,7	
310	37,2	1,4	54,4	1,4	30,6		36	
311	37,1	1,3	54,1	1,6	28,3		36,2	
312	37	0,7	52,5	0,9	27,4		36,3	
313	36,7	0,9	53,9	1,2	28,8		36,2	
314	37,3	1,3	53,8	0,8	27,9		36,2	
315	36,7	1,1	54,4	0,8	27,2		36,1	
316	37,1	1	54,4	0,4	27,5		36,2	
317	37,9	1,3	55,4	0,7	27,4		36,2	
318	37,7	1,2	56	1,6	27,7		36,2	



319	37,7	1,3	53,6	1,6	27,4		36,6	
320	38,2	1,2	51,4	0,9	28,1		36,6	
321	37,6	0,9	54,1	0,6	27,8		36,3	
322	38	0,9	55,1	0,6	28,3		36,6	
323	38,4	1,1	55,4	0,9	28,4		36,6	
324	38,3	1,3	54,6	0,7	27,3		36,7	
325	37,7	1,4	55,2	1	26,9		36,7	
326	36,7	1,7	55	1	28,5		36,8	
327	37,3	2	54	1,4	28,4		36,6	
328	36,8	1,4	54,2	1,2	29,4		36,1	
329	36	1,1	52,8	0,8	30,1		36,4	
330	36,6	1,5	52,8	1	28,8		36,1	
331	36,6	1,2	53,1	1,1	27,3		35,7	
332	36,8	1,5	54	1,2	28		36	
333	36	0,9	55,5	0,6	27,8		35,9	
334	36,6	1,1	55,1	1	29,3		36,1	
335	37	0,7	54,5	0,5	28,5		36,1	
336	38,4	0,3	55,9	0,4	28,3		36,1	
337	39,3	1,5	56,8	0,8	29,6		35,9	
338	37,4	1,9	57,1	1,1	29,1		36,9	
339	35,8	0,1	54,7	0	26,8		36,9	
340	37	0,3	55,1	0	26,4		36,2	
341	39,2	0,8	57,3	0,2	27,9		35,9	
342	39,5	1,5	58,3	0,9	27,9		36,1	
343	38,5	0,9	57,7	1,2	29		37,3	
344	38,3	0,9	55,3	1,8	27,9		37,2	
345	39	1,1	54,1	0	27,3		36,7	
346	38,8	1,1	56,3	0,9	26,3		36,6	
347	38,6	1	55,5	0,8	26,9		36,6	
348	38,3	1	56	0,8	26,8		36,8	
349	38,3	1	55,4	0,4	26,5		36,7	
350	39,5	1,5	56,7	0,6	26,9		36,7	
351	39,2	1,4	56,9	1,1	26,9		36,7	
352	38,3	1,2	56,7	0,8	27,5		37	
353	39,2	1,7	57,4	1,3	28,4		37,1	
354	38,5	1,3	55,7	1,4	27,8		36,6	
355	38,5	2,4	55,3	1,5	27,6		37,1	
356	37,5	2,2	54,1	1,8	29,3		37	
357	37,2	2,5	53,1	2	28,8		37	
358	36,4	1,4	51,7	1,5	27,6		36,6	
359	36,4	2,5	52,2	1,5	28,6		36,6	
360	36,1	2,5	52,9	2,4	28,7		36,3	
361	35,4	2	51,1	1,6	29,1		35,9	
362	34,7	1,7	51,4	1,3	28,5		35,8	



363	34,7	1,9	50,8	1,2	28,7		35,5	
364	34,4	1,5	50,9	1,1	29,3		35,4	
365	35	1,4	50,8	1,2	30,2		35,4	
366	35,6	1,3	52,5	1	29,2		35,1	
367	35,7	1,1	53,1	0,9	29,6		35,2	
368	36,2	1,2	52,9	0,7	29,1		35,6	
369	36,3	1,4	54,5	1	29,4		35,6	
370	35,6	1,6	54,2	1,1	28,9		35,8	
371	35,3	2,1	52,6	1,2	28		35,9	
372	34,4	1	51,6	0,6	28,8		35,6	
373	35,6	2,5	52,3	1,1	30,3		35,6	
374	34,7	2,5	52,4	1,8	30,5		34,9	
375	34,5	1	50,2	1,4	31,8		35,6	
376	35	1	50,7	0,3	29,3		35,4	
377	35,5	1,9	52,9	1	29,9		34,6	
378	34,8	1,6	53,1	1,5	30,5		34,8	
379	34,7	1,2	51,3	1	29,3		35,2	
380	35,2	1,3	51,9	0,8	29,6		35	
381	34,9	0,5	52,9	2,2	30,1		34,8	
382	36,9	2,7	53	1,4	30,1		35	
383	35,8	1,9	52,6	1,7	30,4		35,1	
384	34,7	1,1	50,4	0,7	30		35,8	
385	34,9	1,1	51,8	0,8	29,5		35,4	
386	35,3	1,3	52,7	0,8	30,4		34,8	
387	35,5	0	52,3	0,6	30,4		35,2	
388	37,3	1,6	54	1,8	29,4		35,4	
389	36,1	0,2	52,6	0	28,9		35,2	
390	36,3	1	52,9	0	29,6		36,1	
391	36,9	1,8	55,7	0	29,2		35,7	
392	35,4	1,4	55,3	0,1	28,4		34,8	
393	35,3	0,3	56,1	0,5	28,8		35,3	
394	38	0,9	55,6	0	29,3		34,5	
395	41,4	1,9	57,1	1,3	31,7		34,6	
396	37	1,4	57,6	0,7	32,6		35,3	
397	36,1	1,4	55,4	1,1	30,1		37,2	
398	36,5	1,2	53,8	1	27,2		36,4	
399	36,1	0,9	53,9	0,6	27,8		35,3	
400	37	1,2	54,8	0,6	28,7		35,8	
401	37,4	1,9	55,4	1,2	28,8		35,7	
402	36,7	2	54,5	1,2	27,7		35,9	
403	37,4	2,1	54,4	1,5	28,3		36,2	
404	36,8	1,6	53,2	1,4	29,3		36,1	
405	36,8	0,8	52,3	1	28,1		36,1	
406	37,7	2,6	54,2	1	27,3		35,8	



407	37,5	2	55,7	1,5	27,3		35,7	
408	37,3	1,8	53,8	1,6	28,6		36,4	
409	36,2	1,9	52,9	1,3	27,3		36,6	
410	35,8	2,3	52,9	1,4	27		36,4	
411	35,9	1,9	52,7	1,6	27,3		35,8	
412	35,7	1,6	52,1	1,7	27,5		35,6	
413	36,3	0,7	51,9	1,7	28,9		35,6	
414	37	1,8	51,8	1,2	29,1		35,4	
415	36,9	0,6	53,2	1,6	29,8		35,9	
416	37,2	2,1	52,2	1,6	28,7		36,2	
417	37,1	2	52,7	1,6	27,7		36,4	
418	35,6	1,9	52	1,4	28,5		36,4	
419	35,6	1,7	51,4	0,8	27,9		36,2	
420	35,7	2	52,6	1,5	29,1		35,8	
421	34,6	0,9	51,5	0	28,1		35,6	
422	35,6	0,5	51,8	0	28,3		35,9	
423	36,5	1,4	55	0	28		35,3	
424	38,1	1	55,7	0,2	28,4		35,2	
425	37,1	1,3	56,4	0,4	28,7		35,6	
426	36,3	1,5	56,9	1	28,5		36	
427	35,7	1,3	55,7	1	27,8		35,3	
428	35,8	1,4	53,8	0,9	28,4		35,1	
429	35,4	1,1	53,3	0,7	28,7		35,2	
430	35,7	1,3	53,4	0,5	28,8		35,5	
431	35,5	1,1	54,7	0,8	28,9		35,4	
432	35,7	0,9	54,6	1	29,5		35,6	
433	37,5	0,8	54,8	0,9	28,5		35,6	
434	37,6	1	55,1	0,6	29,3		35,4	
435	37,6	1,4	56,4	1,2	30,5		36,1	
436	36,7	1,1	55,4	1,2	27,5		36,1	
437	36,8	1,3	53,2	0,7	28,5		36,3	
438	37	1,5	54,5	0,7	28		35,9	
439	36,7	1,2	55,6	1,1	28,5		35,9	
440	36,6	1,2	54,7	0,9	29,9		36,1	
441	37	1	54,2	0,6	30		35,9	
442	37,9	1,3	54,5	0,4	29,8		35,6	
443	37,5	1,2	56,6	0,1	28,9		35,6	
444	37,5	1	57,9	0,4	28,6		35,9	
445	38,4	0,6	58,1	0	28,1		35,8	
446	39	2	58,2	0	28		35,8	
447	38,5	1,8	59,8	1,1	28,9		36,4	
448	37,2	1,2	56,8	0,4	28,3		36,8	
449	37,5	0,9	58,4	0,1	27,1		36,5	
450	38,4	1,6	59,6	1,7	27,5		36	



451	36,9	1,3	57,4	1,1	28,9		36,1	
452	36,7	0,9	55,6	1	27,6		36,6	
453	38	1,2	56,3	0,7	27		36,2	
454	38,5	1,3	57,4	1,3	27,8		36	
455	37,9	2,1	55,9	1,3	27,5		36,6	
456	37,9	2,2	55,9	2	27,1		36,8	
457	37,7	1,6	53	1,3	27		36,4	
458	36,8	1,6	53,2	1,3	26,5		36,6	
459	35,6	1,5	53,6	0,9	26,1		36,3	
460	35,9	0,4	53,5	1,2	26,1		36,1	
461	36,2	0,5	53,1	0,1	27,6		35,8	
462	37	1,8	54,9	1	28		35,9	
463	36,8	1	54,6	0,7	27,2		35,9	
464	37,8	1,3	55,5	1	27,6		35,8	
465	37,1	1,6	55,3	1,1	27,3		36,2	
466	36,4	1,1	55,1	0,6	25,8		36,6	
467	36,4	0,7	53,4	0,3	27,9		36,3	
468	38	1	56,4	0,5	26,9		35,9	
469	38,2	1,7	57,1	0,9	26,6		36	
470	36,6	1,7	56,5	1	26,6		36,5	
471	35,6	1,4	56,1	0,8	27,3		36,6	
472	35,8	1	56	1	26,5		36,1	
473	37	0	55,4	0	27		35,5	
474	38,1	2,5	56	0,7	28,4		35,4	
475	38,6	1,9	57,5	1,6	29,6		35,6	
476	36,9	2,1	55,7	1,5	28,7		36,5	
477	36,8	2,1	54,2	1,3	26,9		36,7	
478	36,6	1,6	53,8	1,3	27,7		35,9	
479	35,9	2,5	53,1	1,4	27,4		35,8	
480	36,5	2,5	53,5	1,8	28,7		35,8	
481	36,1	2	52,2	1,4	27,8		35,4	
482	36	1,3	52,7	1,5	28,6		35,7	
483	36	1,6	51,8	1,1	28,7		35,5	
484	35,7	2,5	53,1	1,4	29,3		35,3	
485	35,3	0	53	0	28,4		35,3	
486	37,2	2,1	52,2	0,2	28,6		35,3	
487	39,5	0,5	54,1	1,2	28,3		35,2	
488	39	1,3	54,3	0,3	28		35,8	
489	38,8	1,6	55,3	0,5	26,6		37,4	
490	39	3,2	55	1,6	25,7		36,8	
491	37,1	2,9	54,6	1,9	26,1		36,8	
492	35,7	2	52,3	1,7	26,9		36,9	
493	35,9	1,3	51,3	1,4	27,6		36,3	
494	36,2	1,2	52	0,9	27,6		35	



495	37,1	1,7	53,5	1,6	28,7		35,1	
496	35,9	1,3	53,4	1	29,9		35,4	
497	36,6	1,9	51,9	1,1	29,8		35,9	
498	36,6	2,5	53,1	1,8	29,4		35,4	
499	36,5	2,2	52,2	3,1	29,5		35,5	
500	36,1	1,5	50,9	1,6	29,4		35,5	
501	36,6	2,1	51,5	1,3	30,1		35,5	
502	35,7	1,1	51,3	0,6	28,6		35,4	
503	36,7	1,7	52,7	0,7	29		35,4	
504	36,4	1,6	53,3	1,3	28,6		35	
505	36,3	1,9	53	1,1	28,6		35,6	
506	36,7	1,2	53	1,1	29,2		35,3	
507	35,8	0	53,3	0,9	28,7		34,9	
508	37,7	1	52,9	0,2	29		35,2	
509	38	1,1	55,4	1,1	28,8		35	
510	37,9	1,2	54,2	0,8	30		35,8	
511	37,9	1	53,3	1	28,8		35,7	
512	38,2	1,6	53,5	0,7	29,3		35,9	
513	37,8	1,4	53,6	1,1	29,6		35,6	
514	37	1,8	53,2	0,9	28,8		35,6	
515	36,3	1,8	53,5	1,2	28,8		35,5	
516	36,6	0	52,6	1	28,7		35,3	
517	37,6	0,7	53,5	0,2	28,7		35,1	
518	39,3	0,4	56	1	31,6		35,1	
519	38,1	4,2	55,6	0,7	29,9		35,3	
520	37,6	1,7	55,2	2,3	29		35,6	
521	35,2	1,9	50,9	0,8	29,1		35,3	
522	34,8	0,3	51,7	0,5	29,5		35,4	
523	37,8	0	53,6	0	29,9		34	
524	40,2	1,7	54,6	0	30,3		33,7	
525	41	0,5	55,4	0,9	31,7		33,9	
526	37,1	0,1	55,6	0,3	30,4		35,6	
527	44,4	1,4	54,3	0,9	27,6		36,5	
528	41,3	1,9	55,2	1,3	27,4		34,2	
529	40	1,4	53,2	1,1	31,3		36,3	
530	38,9	1,4	54,2	1	26,2		35,9	
531	38,8	1,1	54,3	0,8	26,8		35,6	
532	39,9	0,5	54,5	1,1	27,3		35,4	
533	39,4	1,3	54,7	1,5	28,3		35,2	
534	40,1	1,3	54,4	0,7	29,6		35,7	
535	40,5	0,5	54,2	0,4	28,6		35,6	



Ensayo 3, 20°

dato	T e HC	Ve	Ts HC	Vs	Hr e	Hr s	T e hgro	T s Hgro
1	35	1,5	46,7	1,1	25,3	7,5	34,6	49
2	35,2	1,2	46,9	1,1	24,7	6,5	34,4	49,2
3	34,8	1,1	46,9	0,8	23,5	6,3	34,1	49,9
4	34,6	0,6	47	0,8	23,8	6,3	34,1	49,5
5	35,2	1	47,2	1	25,2	6,3	34,9	49,3
6	35,8	1,2	48,1	0,6	23,3	6,4	35,1	49,1
7	35,5	1,2	49,2	0,8	22,6	7,1	35,1	49,4
8	35,5	1,4	48,2	1,4	23,6	6,9	35,2	49,4
9	35,8	2,5	47,9	1	22,6	7,2	34,6	49,5
10	35,1	1,8	47,5	1,7	23,5	6,5	34,2	49,9
11	35,5	1,2	47	1,3	23	6,5	34,2	49,9
12	35	1,2	47	0,9	22,9	6,7	34,3	49,3
13	35,1	1,1	47,5	1,4	23,6	7	34,2	48,9
14	35,5	1,5	47,2	1,7	24,9	7	34,4	49,2
15	35,6	0,1	47,1	1,3	23,2	6,5	34,4	48,8
16	36,4	0,5	46,3	0,7	23,1	7,2	34,5	49,1
17	36,3	0,6	48,3	0,8	22,8	7	34,9	48,9
18	36,1	0,8	47,9	1,6	22,8	7,1	34,8	49,1
19	36,4	1,4	48,3	1,1	22,9	6,7	34,9	48,8
20	36	1,1	47,9	1,3	23,3	6,3	34,8	49,2
21	36,3	1,1	47,5	1,3	23,4	6,6	35	49,3
22	36,4	1,3	47,6	1,3	23	7,1	35,2	48,9
23	36,6	0,9	47,4	1,3	24	6,9	35,3	48,7
24	36,6	1,2	47,5	1,4	22,8	7,7	35	48,7
25	36,1	1,2	48,9	1	23	7	34,7	49,2
26	35,3	1,6	47,5	1,1	23,5	6,5	34,8	48,9
27	35,3	1,5	46,7	1,1	24,1	6,4	34,5	49,2
28	36,2	0,9	47,4	1,5	23,8	6,5	34,9	49,2
29	36,3	1,4	48,7	1,2	24	6,2	35,4	49,3
30	36,2	1,1	48,8	1,5	23,4	7,1	34,9	49,3
31	36,6	1,4	47,2	1	24,6	6,8	35,7	49,4
32	36,6	1,3	47,9	1,9	23,2	5,7	35,3	49,2
33	36,6	0,8	47,6	0,9	23,1	5,9	35,5	49,2
34	37,1	1,3	48,3	0,7	22,6	5,6	35,7	49,2



35	36,7	0,9	49,3	1,1	22,3	6,3	35,8	49,4
36	36,6	1,3	48,1	0,7	22,5	7	35,5	49,6
37	36,8	0,4	49,1	1,4	24	6,6	35,7	49,6
38	36,8	1,4	47,7	1,3	22,6	6,8	35,3	49,6
39	36,3	1,5	47,4	1,2	23,8	7	35,2	49,2
40	35,3	1,3	47,4	1,2	23,5	6,4	34,6	48,9
41	35,1	1,2	46,6	1	24,8	6,8	34,6	49,1
42	34,9	1,6	46,3	1,1	25,5	6,6	34,4	49,1
43	34,5	1,3	46,6	1,1	24,2	6,4	33,9	49,1
44	34,4	1,3	45,7	0,9	24,8	7,1	34,2	49,3
45	34,3	1,5	45,8	1,1	23,7	7	34	49,3
46	34	1,4	45,9	1,2	24,8	6,1	33,8	49,1
47	34,5	1,4	45,3	1,4	24,6	6,4	33,9	48,8
48	34,1	1,3	45,8	1	24,3	6,3	33,7	48,6
49	34,7	1,2	45,6	0,6	24,3	6,3	33,9	48,6
50	34,8	0,7	47,6	1,1	24	6,2	34	48,7
51	35,3	1	46,5	0,8	25,1	6,7	34,3	48,6
52	35,8	1,1	46,6	0,7	24,7	8,1	34,6	48,9
53	35,7	1,2	46,3	1,3	26	7	34,9	49,1
54	35,4	1,2	46,8	1,1	23,6	7,9	34,6	49,2
55	34,9	1,1	45,7	1,1	23,2	6,2	34,2	48,7
56	35,2	1,3	45,4	1,1	24,5	6,7	34,5	48,8
57	34,8	0,6	45,3	0,9	24,1	7	34,3	48,9
58	35,5	1	45,2	0,3	24,6	5,8	34,6	48,8
59	35,9	1,4	46,9	1,1	24,1	5,8	34,9	48,5
60	35,2	1,2	47	1	24,1	6,3	34,2	48,3
61	34,9	1,1	45,9	1	23,5	6,6	34,1	48,7
62	35	0,9	45,4	0,8	24,1	6,2	34,1	48,7
63	35,6	1,2	46,1	0,7	24,4	6,1	34,6	48,2
64	35,7	1,2	46,8	0,8	24,2	6,6	34,8	48,2
65	35,6	1,3	46,8	0,8	23,4	6,4	34,8	48,4
66	35	1,3	46,8	0,5	22,5	5,7	34,5	48,6
67	34,5	0,7	47,6	0,4	22,3	6,9	34,7	48,3
68	35,3	1,2	47,9	0,3	22,2	6,2	35	48,8
69	34,9	1,3	48,8	0,8	22,6	6,5	34,7	48,4
70	34,7	1,3	47,9	0,9	23,5	6,2	34,6	49,1
71	34,6	1,3	47,4	0,7	24,5	6,7	34,7	48,9
72	34,4	1,3	47,2	0,5	22,7	6,6	34,6	49,2
73	34,3	1,2	47,7	0,5	22,4	5,2	34,8	49,4
74	34,1	1,1	48,5	0,6	22	5,4	34,7	48,9
75	34,8	1,2	47,8	0,7	22,6	6	34,7	48,8
76	34,8	1,1	47,5	0,5	23,4	5,7	34,8	48,7
77	35,2	1,2	48,7	0,2	22,8	5,7	34,8	49
78	34,8	1	49,6	0,8	21,8	5,6	34,6	48,6



79	35,3	1,2	48,5	0,7	22,8	6,5	34,9	48,3
80	34,9	1,3	48,3	0,7	21,9	5,6	34,9	48,4
81	34,7	1,6	48,3	0,8	25	6	34,7	48,8
82	34,3	1,5	47,6	1	24,4	5,4	34,2	48,7
83	33,8	1,2	46,8	0,8	24,2	5,6	34,2	49,1
84	34	1,3	47	0,5	23,5	6,4	34,6	48,8
85	33,9	1,2	48	0,6	23,2	5,4	34,6	49,3
86	33,7	1,4	48,4	1,2	22,9	6,3	34,1	49,5
87	34,1	1,4	46,5	1,2	24,1	6,3	34,1	49
88	34	1,4	46,1	1	24,4	6	33,9	48,8
89	34,2	1,5	45,9	1,1	23,6	6,1	33,5	48,8
90	34	1,1	46,9	0,9	24,6	6,8	33,4	49,2
91	34,6	1,3	46,9	0,9	26,4	6,3	33,9	48,5
92	34,8	1,4	47	1,5	25,9	7,2	34	48,4
93	35	1,2	46,8	1,1	25,9	6,4	34,1	48,6
94	34,9	1,1	47,3	1	25	6,4	33,7	48,4
95	35	1,2	47,5	1,2	25,4	5,9	34	48,3
96	35,3	1,6	47,3	1,5	23,8	6,2	34,4	48,3
97	35,1	0,6	46,9	1,2	23,2	6	34,1	48,6
98	35,3	1,4	46,2	1	23,5	6	34,3	48,7
99	34,5	1,2	47,2	0,7	24	5,5	33,6	48,8
100	34,9	1,7	44,9	1,6	24,3	5,9	33,9	48,7
101	35	0,8	46,6	1,4	23,8	5,9	33,6	48,4
102	35,5	1,1	46,1	1,1	24,4	6,4	34,6	48,3
103	35,5	1,2	47,3	1,8	23,3	5,5	34,3	48,3
104	35,7	1,4	46,4	1,2	23,7	5,4	34,2	48
105	35,2	2,5	46,4	1,2	23,9	7,3	33,8	47,8
106	35,7	0,5	46,4	1,9	24,9	6,4	34,7	47,2
107	35,7	0,6	46,4	0,7	23,5	6,42	34,3	48,903
108	36	0,7	47,6	0,6	23,7		34,6	
109	36	0,9	47,8	0,8	23,2		34,8	
110	36,2	1,2	47,3	0,8	23,3		35,1	
111	35,8	1,3	47,9	0,9	22,8		34,7	
112	35,9	0,9	47,8	0,9	22,6		34,4	
113	36	1,2	47,5	1	23,3		34,9	
114	35,9	1,4	47,2	1,2	24,5		35,4	
115	35,7	1,2	46,2	0,7	24		34,8	
116	36	1,2	48	0,9	23,5		35	
117	36,3	1,3	48,1	1,3	23,8		35,1	
118	36,3	1,6	47,9	1,5	23,7		34,9	
119	36	1	47,4	1,4	23,1		34,4	
120	35,8	1,3	47,1	1,7	23		34,4	
121	35,7	0,9	46,8	1,7	21,8		33,9	
122	35,9	1,3	45,6	1,6	22,1		34,1	



123	35,8	1,3	46,1	1,4	22		34,2	
124	35,6	1,5	46,2	1,4	22		33,9	
125	35,4	1,2	45,8	1,2	22,3		33,6	
126	35,3	1	45,7	1,1	23,2		34,1	
127	35,4	0,9	46,5	0,9	22,5		34,1	
128	35,7	1	47,1	1	23		34,3	
129	35,7	1,1	47,4	0,9	22,8		34,6	
130	35,9	1,4	47,7	0,9	23,2		34,8	
131	35,1	0,5	47,3	0,8	22,1		33,7	
132	35,6	1,2	46,1	0,9	22,7		34,3	
133	35,3	1	47,8	0,8	22,9		34,1	
134	35,4	1,2	47,2	1	23,6		34,3	
135	35,2	1	46,7	0,9	23,8		34,1	
136	35,7	1,2	46,8	0,9	24,9		34,6	
137	35,7	0,4	47,5	0,9	24,5		34,6	
138	36,2	1,1	47	1,1	23,7		35,1	
139	36,4	1,3	48,8	0,9	24		34,9	
140	36	1,2	48,2	0,9	22,6		34,4	
141	35,9	1,3	48,8	0,9	23,1		34,3	
142	35,7	1,2	48,8	1,1	23,5		34,3	
143	35,6	1,3	47,6	0,9	24,9		34,4	
144	34,9	1,2	47,3	1	24,3		34,1	
145	35,1	1,3	47	1,2	24,8		34,1	
146	35,2	1	46,8	0,9	24,6		34,1	
147	35,6	0,5	47,3	0,7	24,9		34,4	
148	36,3	1,2	48,3	0,8	24,9		35,4	
149	36,4	1,8	48,8	1,5	23,6		35,1	
150	35,9	1,7	47,7	1,7	24		34,4	
151	35,8	1,9	46,6	1,6	24,5		34,2	
152	35,8	2,1	46,8	1,5	23,6		34	
153	34,7	1,7	46,5	1,5	23,6		33,4	
154	34,1	1,1	45,1	0,9	24,4		33,6	
155	34,7	0,8	46,4	0,8	24,4		33,8	
156	35,4	1,2	47,4	1,1	24		34,6	
157	35,6	1,3	47,3	1,2	25,6		34,7	
158	35,4	1,3	47,1	1,3	23,8		34,7	
159	35,5	1	46,1	1,7	24		34,4	
160	35,8	1	46,2	0,6	22,9		34,8	
161	36,2	1,1	47,7	0,9	22,9		35	
162	35,8	1,3	48,6	1,2	23,8		34,7	
163	35	1,1	47,1	0,6	23,3		34,2	
164	34,9	1,2	47,2	0,9	23,2		34,1	
165	34,6	1,3	47,1	0,8	23,3		34,1	
166	34,5	1,1	47	0,8	23,4		34,1	



167	34,7	1	47	1	24,2		34,4	
168	35,7	1	46,6	0,4	25,2		35,2	
169	35,8	1	48,6	0,8	22,9		35,1	
170	35,7	1,2	48,3	1,2	23,9		35,1	
171	35,5	1,1	46,8	0,7	23,1		34,7	
172	36,1	1,3	47,7	1	24,5		34,8	
173	36,4	1,3	48,5	1,7	25,4		35,2	
174	36,4	1,4	47,7	1,3	23,5		35,1	
175	36,4	1,4	47,2	1,3	23,5		34,9	
176	36	2,7	47,4	1,1	22,1		34,5	
177	35,9	1,6	47,1	1,6	23,2		34,3	
178	35,1	1,6	46,9	1	23		34,1	
179	34,6	1,6	47,1	1,1	22,7		33,8	
180	34	1,2	45,5	0,1	22,6		34	
181	34,4	1,3	45,7	1	22,4		34,1	
182	34,4	1,4	47,3	1,1	22,7		34	
183	34	1,2	46,1	1,1	24,8		34	
184	34,4	1,1	45,4	1,3	25,1		34	
185	34,2	1,2	44,7	0,8	23,7		34	
186	35,4	0,9	45,1	1	23,2		34,6	
187	35,4	1,3	47,3	1	22,4		34,6	
188	35,6	1,2	46,4	1,3	22,3		34,2	
189	35,9	1,7	46	1,4	22,2		34	
190	35,4	1,2	46,3	1,1	22,3		33,7	
191	35,2	1,1	46,8	1,1	22,8		33,8	
192	35	1,1	46,8	1	23,5		34,1	
193	35,3	1,1	46,6	0,9	22,7		34,4	
194	35,1	1,2	46,3	1	22,3		34,4	
195	35,2	1,3	46,3	1,1	22,2		34,5	
196	34,8	1,4	46,6	0,7	22,3		34,4	
197	34,4	1	46,9	1	22,2		34,2	
198	34,8	1,2	46,5	0,6	22,8		33,9	
199	35,2	1,4	46,6	0,9	23,2		34,6	
200	34,9	1,3	47,3	0	23,1		34,4	
201	35	1,7	48,3	0	23,1		34,2	
202	34,3	1,6	49,2	0	21,9		33,7	
203	33,7	1,2	49,5	0	21,2		33,2	
204	34,5	1,6	50,2	0	22,3		33,5	
205	34,3	1,3	51	0	22,8		33,7	
206	34,5	0,7	50,3	0	23,5		33,6	
207	35,1	1,1	51,1	0,1	23,2		33,9	
208	35,1	1,1	51,7	0,4	22,4		34,1	
209	35,2	1	51,5	0	23,1		34,3	
210	35,3	1,1	52	0	22,4		34,1	



211	35,5	1,3	53	0	22,3		33,9	
212	35	1,3	53	0	22,2		33,6	
213	34,8	1,4	53,5	1,3	22,5		33,8	
214	34,6	1,7	52,2	1,4	23,3		33,5	
215	34,2	1,6	48,8	1,5	23,4		33,4	
216	34	1,4	47	1,7	24,2		33,4	
217	34,5	1,6	47,1	1,5	23,4		33,7	
218	34,3	1,5	47,2	0,2	23,5		33,7	
219	34,2	0,9	48,3	0	22,5		33,7	
220	34,9	1,4	50,5	0,3	23,2		34,1	
221	34,8	0,3	51,2	0,6	21,6		34,2	
222	34,5	1,1	50,9	0	22		33,6	
223	34,9	1,5	50,8	0,2	22,1		33,7	
224	34,7	1,7	52	0,9	22,1		34	
225	34,3	1,1	51,8	0,4	21,9		33,9	
226	34,3	1,1	48,9	0,7	21,7		33,9	
227	34,8	0,8	50,4	0,9	21,9		34,1	
228	35,9	0	50	0,9	22		34,1	
229	35,6	2,3	49,6	0	22,3		34,8	
230	34,8	1,4	51,5	1,1	21,1		34,4	
231	35	2,3	47,9	1,1	21,4		33,8	
232	34,8	2	48,4	1,5	22,2		33,5	
233	34,2	1,4	47,6	1,5	22,5		33,3	
234	34,3	1,4	46,9	1,3	22,5		33,3	
235	34,9	1,4	46,8	1,2	23,2		33,6	
236	34,9	1,6	47,8	1,5	23,9		33,6	
237	34,8	1,4	47,6	1,1	23,4		33,4	
238	34,6	1,2	47,4	1	24		33,3	
239	34,8	1,1	47,9	1,4	24,7		33,7	
240	35,4	1,4	47,4	1,3	23,5		34,2	
241	35,4	1,8	48,2	1,4	23,2		34	
242	34,7	1,3	47,4	1,3	22,8		33,3	
243	34	1,3	46,8	0,8	23,4		33,3	
244	34	1,2	46,4	1,1	24,7		33,2	
245	33,8	0,9	46,1	1,1	25,6		33	
246	34,5	1,2	46	0,9	23,6		33,2	
247	34,1	1,4	47,5	1,3	23,4		33,1	
248	33,9	1,2	45,8	1,1	24,5		33,1	
249	34,4	1,4	45,3	1,2	25,5		33,3	
250	34,4	1,5	46,5	1,1	24,2		33,4	
251	33,9	1,6	46,9	1,5	24,5		33,1	
252	33,6	1	44,5	0,8	24		33,1	
253	34,5	1,2	45,9	1,1	23		33,3	
254	34,4	1,2	45,9	1	23,6		33,4	



255	34,8	1,2	46,1	1,1	23,4		33,9	
256	35,1	0,7	46,5	1,1	22,5		33,9	
257	35,4	0,2	46,3	1,1	21,7		34,2	
258	35,2	1,2	46,5	0,9	22		33,9	
259	34,4	1,1	46,7	0,7	21,8		33,5	
260	34,5	1,1	46,4	0,9	22,4		33,7	
261	34,1	1	45,8	0,8	22,3		33,5	
262	34,2	0,9	46	1,1	22,9		33,6	
263	35,1	1,4	45,7	0,9	23,7		34,1	
264	35,2	1,3	47	1	23,8		34,2	
265	35,1	0,8	46,8	1,3	24,1		34,1	
266	34,9	0,5	45,5	0,5	22,5		33,7	
267	35,8	1,4	46,5	1,1	22,5		34,6	
268	36	2	48,7	1,1	22,1		34,7	
269	34,5	1,2	47,8	1,3	21,7		33,7	
270	34,8	1,3	45,4	1	22,3		33,6	
271	35,4	0,6	46,7	1,6	23,2		34,4	
272	35,7	0,8	46,1	0,5	22		34,4	
273	36,4	0,6	48	0,6	22,2		35,2	
274	36,7	0,6	48,6	0,5	21,7		35,4	
275	37	0,9	48,6	0,8	21,9		35,7	
276	37,1	1	48,5	1	21,7		36	
277	37,2	1,1	48,1	0,9	23,4		36	
278	37,1	1,3	48,4	1,1	22,8		36	
279	36,8	1,2	47,3	1,1	21,9		35,3	
280	36,5	1,4	47,4	1,1	21,9		35,1	
281	36,4	1	47,3	1,2	21,4		34,9	
282	36	0,9	47,3	0,7	21,6		34,9	
283	36,8	0,9	48,2	0,7	23,1		35,3	
284	37,1	1,2	49	0,9	23,5		35,7	
285	37,2	0,2	48,7	1,2	22,3		35,6	
286	37	1,2	48,2	0,7	20		35,5	
287	36,5	1,2	49,5	1,1	21,1		35,1	
288	36,1	1,5	47,6	1,1	21,4		34,9	
289	35,5	1,5	47,2	1,2	21,4		34,4	
290	35,3	1,3	47,3	1	21,5		34,2	
291	35,1	1,3	46,4	1,2	21,7		34,1	
292	35,2	1,1	46	0,9	22,9		34,1	
293	35,6	1,1	46,6	0,8	22,7		34,5	
294	35,8	1,1	47,1	0,9	23		34,6	
295	35,6	0,7	46,8	0,7	23,5		34,6	
296	36,4	1,1	47,1	0,8	23,5		35,2	
297	36,5	1,1	47,8	0,9	21		35,1	
298	36,4	1	46,9	0,6	21,3		35,4	



299	36,4	1	48,1	1,1	21,6		35,4	
300	36,9	0,9	47,6	1	23,2		35,6	
301	37	0,9	47,9	0,7	22,8		35,6	
302	37,5	2,1	48,2	0,9	21,5		35,9	
303	37,4	1,8	47,8	1,3	19,6		35,1	
304	36,4	1,2	47,3	1,2	20		34,3	
305	35,5	1,3	46,3	1,1	20,9		34,1	
306	35,1	1,3	45,4	1,2	20,9		34	
307	34,9	1,2	45,1	1	21,9		33,9	
308	35	1,3	45,4	0,9	22,5		34	
309	35	1,1	46	1	22,1		33,9	
310	35,2	1	46,2	1,1	22,5		34,1	
311	35,8	1,2	45,8	0,9	22,7		34,6	
312	35,9	1,4	46,7	1,2	21,4		34,7	
313	35,9	1,5	46,6	1,3	22,4		34,7	
314	35,3	1	46	0,9	21,4		33,9	
315	35,5	0	45,9	0,8	22,2		34,2	
316	36,7	0,1	46,9	0	21,7		34,9	
317	38	1,3	48,4	0,5	21,9		36,3	
318	37,6	1,9	50,6	1,2	21		35,6	
319	36,6	2,3	48,1	1,3	20,7		34,6	
320	37,2	1,3	46,9	1,5	20,4		34,6	
321	36,2	0,6	46,6	0,9	20,2		34,3	
322	36,7	1,5	47,1	1,7	21,5		35,3	
323	36,7	1	48,7	1,4	20,3		34,6	
324	36,9	0,8	46,9	0,7	20,6		35	
325	37,1	0,8	47,8	0,7	20,6		35,4	
326	37,3	1,2	48,4	1	20,6		35,6	
327	36,8	1,2	47,5	0,8	20,5		35,7	
328	35,9	1,1	47,6	0,9	22,6		35,2	
329	35,7	1,1	47,1	1	21,8		34,8	
330	35,8	1,3	46,8	1	23,4		34,7	
331	36,1	1	46,8	0,6	21,9		34,6	
332	36,5	0,9	47,9	0,9	22,3		34,9	
333	36,9	0	48,1	1	22,5		35,6	
334	36,7	0,6	47,7	0,5	20,6		35,4	
335	37,4	0,7	49	0,3	21,1		35,7	
336	37,9	0,6	49,9	0,5	21,3		36,2	
337	37,9	0,6	50,2	0,5	21		36,3	
338	38,1	1	50,5	1	21,5		36,4	
339	37,3	2,5	49,9	1,4	21,6		35,9	
340	36,1	2,1	47,8	0,8	20,6		34,8	
341	36,1	1,6	46,6	1,5	21,6		34,6	
342	36,1	1,9	46,9	1,4	22,1		34,5	



343	35,1	1,1	47,1	1,2	22,8		34,3	
344	35,2	1,5	45,7	0,7	22		34,3	
345	35,2	1,5	47	0,9	21,8		34,6	
346	34,7	1,4	47,1	0,6	22,2		34,6	
347	34,8	1,3	47,7	1,2	22,5		34,1	
348	34,8	1,3	46,1	1	22		33,9	
349	34,6	1,2	46,3	0,7	21,9		34	
350	34,5	1,1	46,9	0,9	23,2		34,1	
351	34,7	0,9	46,3	0,9	24		34,3	
352	35,6	0,6	46,6	0,6	24		35,1	
353	36,8	0,6	48	0,4	23,5		36	
354	37,1	0,9	49,2	0,5	22,1		35,9	
355	37,1	0,9	49,4	0,9	22,4		36,1	
356	37,2	0,9	48,2	0,8	22,5		35,6	
357	36,9	1,2	47,9	1	22,9		35,9	
358	36,6	1,3	47,5	1,1	21,6		35,8	
359	35,8	1,3	46,7	1,1	20,6		35,2	
360	35,2	1,2	46,3	0,8	22,5		34,9	
361	35,4	0,8	47	0,6	21,9		34,9	
362	36,5	1,2	47,5	1	22,3		35,6	
363	36,3	1,6	47,4	1,1	21,6		35,1	
364	35,1	0,9	46,4	0,9	21,6		34,4	
365	35,6	0,7	45,9	0,4	22		34,8	
366	36,4	1,1	47,7	0,7	21,7		35,3	
367	36,3	1,2	47,8	0,9	21,6		35,4	
368	36,3	2	47,5	1,2	22,6		35,3	
369	35,3	1,5	47,2	1,4	20,6		34,4	
370	35,3	0,9	45,3	1,1	20,9		34,2	
371	35,5	1,2	46,2	1	22,4		34,4	
372	35,4	1,4	46,2	1,2	22,3		34,3	
373	35,7	1,4	46,3	1	21,5		34,1	
374	35,2	1,6	47,1	1,3	21,9		33,9	
375	34,8	1,5	45,8	1,4	22,5		33,6	
376	34,5	1,8	45,3	1,3	21,5		33,7	
377	33,8	0,7	44,6	1,1	21,6		33,3	
378	34,3	1,4	44,3	0,7	22,7		33,6	
379	34,9	1,2	45,7	1,1	22,7		33,4	
380	35,2	1,4	46,1	1	21,8		33,8	
381	35,2	1,4	46,6	1,1	21,9		33,9	
382	35,5	1,2	46,3	1,1	21,9		34,3	
383	35,6	1,3	47,1	1,1	22,4		34,2	
384	34,9	1,1	46,4	1	22,1		33,7	
385	35,1	1,3	46,3	1,2	22,7		33,9	
386	35,2	1,4	46,5	1,2	22,2		33,9	



387	34,9	1,2	46,1	1,1	22,8		33,8	
388	35	0,3	46,3	1,5	21,6		33,6	
389	35,1	1,1	45,7	0,7	21,2		33,9	
390	35,6	1,4	46,9	1,2	21,2		34,2	
391	35	1,1	46,8	0,9	21,6		33,8	
392	34,8	1	46,4	0,8	21,9		33,8	
393	35	1,2	47,2	1,1	22		34	
394	35	1,2	45,8	1	22,5		34,1	
395	35,1	1,5	45,4	1,1	22		34	
396	33,9	1,2	44,7	1,1	21,5		33,6	
397	33,9	1,2	44,6	0,8	21,1		33,6	
398	33,8	1,3	45,5	0,7	21,1		33,3	
399	33,8	1,7	45,7	1,2	22,7		33,5	
400	33,6	1,1	44,7	1	20,9		33,1	
401	33,6	1,1	44,6	0,1	20,6		33,6	
402	33,8	1,3	46,9	1	22		33,8	
403	33,8	1,1	46,2	0,8	22,6		33,8	
404	33,4	1,2	45,8	0,8	20,8		33,7	
405	33,6	1,2	45,8	0,7	20,4		33,6	
406	33,3	1,1	45,9	0,5	20		33,6	
407	33,6	1,1	46,6	0,7	20,3		33,6	
408	33,7	1,1	46,4	0,7	20,7		33,6	
409	33,7	1,2	47	1	23,5		33,8	
410	34	1,2	46,3	1	21,9		33,8	
411	33,6	1,1	45,2	0,9	20,5		33,3	
412	33,6	1	45,5	0,7	21,6		33,4	
413	33,7	1	46	0,6	22,9		33,6	
414	34,1	1,1	46,3	0,9	21,6		33,4	
415	34,1	1	45,7	1	23		33,6	
416	33,9	1,1	44,8	0,7	22,2		33,4	
417	34,1	1,3	45,5	1,2	23,6		33,8	
418	34,3	1,2	44,6	1,2	22,6		33,8	
419	34,4	1,4	44,1	1,2	21,8		33,7	
420	33,4		43,8		21,6		33,3	



Anexo E: especificación de los sensores utilizados.